

Höhe der derzeitigen *trans*-Fettsäureaufnahme in Deutschland ist gesundheitlich unbedenklich

Stellungnahme 028/2013 des BfR vom 6. Juni 2013

Trans-Fettsäuren können das Risiko von Herz-Kreislaufkrankungen erhöhen. Entscheidend dabei ist die Menge, die Verbraucher aufnehmen. *Trans*-Fettsäuren sind ungesättigte Fettsäuren, die in ihren Eigenschaften gesättigten Fettsäuren ähneln. Sie entstehen bei der industriellen Teilhärtung von Pflanzenölen und kommen daher in Margarine, Frittier- und Bratfetten sowie in Backwaren, Süßwaren und Fertiggerichten vor. *Trans*-Fettsäuren entstehen aber auch im Verdauungstrakt von Wiederkäuern und sind natürlicher Bestandteil von Milch und Butter sowie von Rind-, Schaf- und Ziegenfleisch.

Hohe Dosen an *trans*-Fettsäuren erhöhen den LDL-Cholesterinspiegel und senken den HDL-Cholesterinspiegel im Blut. Bei einer *trans*-Fettsäureaufnahme oberhalb von 2 % der Nahrungsenergie steigt das Risiko für Herz-Kreislaufkrankungen an. Daher sollten nicht mehr als 1 % der Nahrungsenergie als *trans*-Fettsäuren aufgenommen werden.

In den vergangenen Jahren enthielten noch zahlreiche Lebensmittel – insbesondere Backwaren, frittierte Produkte und Fertiggerichte – relativ hohe Mengen an *trans*-Fettsäuren. Deswegen wurden verstärkt Anstrengungen unternommen, die Gehalte an industriell bedingten *trans*-Fettsäuren in Lebensmitteln – beispielsweise durch die Entwicklung von Qualitätsleitlinien oder geänderte Rezepturen von Fertiggerichten – zu reduzieren.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat in verschiedenen Szenarien abgeschätzt, ob Verbraucher in Deutschland durch den Verzehr von *trans*-fettsäurehaltigen Lebensmitteln derzeit ein erhöhtes Risiko zur Entwicklung einer Herz-Kreislaufkrankung haben. Dabei wurde auch der Effekt von Qualitätsverbesserungen im Bereich industrieller Fertigelebensmittel auf die Aufnahme von *trans*-Fettsäuren untersucht.

Die meisten Verbraucher in Deutschland verzehren weniger als 1 % ihrer Nahrungsenergie als *trans*-Fettsäuren. Gegenwärtig liegt die mittlere Aufnahme von *trans*-Fettsäuren in Deutschland bei 0,66 % der Nahrungsenergie. Lediglich 10 % der Verbraucher ernähren sich so, dass sie erhöhte *trans*-Fettsäuremengen – zwischen 1 und 2 % der Nahrungsenergie – aufnehmen. Aus Sicht des BfR ist in Deutschland der *trans*-Fettsäurenverzehr derzeit kein relevanter Risikofaktor für die Entwicklung von Herz-Kreislaufkrankungen.

Die BfR-Berechnungen verdeutlichen, dass in den vergangenen Jahren hohe *trans*-Fettsäureaufnahmen vor allem durch hohe Gehalte in Backwaren und Fertigprodukten verursacht wurden, was sich am deutlichsten bei jüngeren Altersgruppen zeigte. Minimierungsmaßnahmen bei der Herstellung von Pizzen wirken sich besonders positiv auf die *trans*-Fettsäureaufnahme jüngerer Männer aus.

Insgesamt sind Qualitätssicherungsmaßnahmen der Hersteller zur Minimierung des *trans*-Fettsäuregehaltes von Streichfetten, Backwaren, Süßwaren und Fertigprodukten der wichtigste Beitrag, um bei Verbrauchern die *trans*-Fettsäureaufnahme gering zu halten.

BfR		BfR-Risikoprofil: Aktuelle Trans-Fettsäureaufnahme als Risikofaktor für Herz-Kreislaufkrankungen in Deutschland (Stellungnahme Nr. 028/2013)				
A	Betroffen ist die Allgemeinbevölkerung	Allgemeinbevölkerung 				
B	Wahrscheinlichkeit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung bei normalen Verzehrsgewohnheiten	Praktisch ausgeschlossen	Unwahrscheinlich	Möglich	Wahrscheinlich	Gesichert
C	Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung bei normalen Verzehrsgewohnheiten	Keine Beeinträchtigung		Leichte Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]	Mittelschwere Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]	Schwere Beeinträchtigung [reversibel/irreversibel]
D	Aussagekraft der vorliegenden Daten	Hoch: Die wichtigsten Daten liegen vor und sind widerspruchsfrei		Mittel: Einige wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	Gering: Zahlreiche wichtige Daten fehlen oder sind widersprüchlich	
E	Kontrollierbarkeit durch Verbraucher	Kontrolle nicht notwendig	Kontrollierbar durch Vorsichtsmaßnahmen	Kontrollierbar durch Verzicht	Nicht kontrollierbar	

Dunkelblau hinterlegte Felder kennzeichnen die Eigenschaften des in dieser Stellungnahme bewerteten Risikos (nähere Angaben dazu im Text der Stellungnahme Nr. 028/2013 des BfR vom 6. Juni 2013).

Erläuterungen

Das Risikoprofil soll das in der BfR-Stellungnahme beschriebene aktuelle Risiko, aufgrund des trans-Fettsäureverzehr eine Herz-Kreislaufkrankung zu entwickeln, visualisieren. Es ist nicht dazu gedacht, Risikovergleiche anzustellen. Das Risikoprofil sollte nur im Zusammenhang mit der Stellungnahme gelesen werden.

BUNDESINSTITUT FÜR RISIKOBEWERTUNG (BfR)

1 Gegenstand der Bewertung

Trans-Fettsäuren (TFA) erhöhen mit überzeugender Evidenz das Risiko zur Entwicklung von Herz-Kreislaufkrankheiten. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat daher auf der Basis aktueller Daten den Verzehr an trans-Fettsäuren in der Bundesrepublik neu berechnet und das damit verbundene Risiko zur Entwicklung von Herz-Kreislauf-Krankheiten bewertet. Die Bewertung umfasst sowohl den Durchschnitt der Bevölkerung als auch Risikogruppen. Das BfR legt mit dieser Stellungnahme eine umfassende Risikobewertung zu trans-Fettsäuren vor.

Die Risikobewertung von trans-Fettsäuren in Lebensmitteln stützt sich auf Daten einer Expositionsabschätzung zum Verzehr von trans-Fettsäuren in Deutschland aus dem Jahre 2009, die in 2013 mit ergänzenden trans-Fettsäure-Gehalten in den Lebensmittelgruppen Eier und Eiprodukte, Speiseeis, Suppen und Soßen, wiederholt wurde. Die ergänzenden Daten wurden im Rahmen des bundesweiten Überwachungsplanes (BÜP 2011) erhoben und dem BfR 2012 übermittelt. Darüber hinaus berücksichtigt das BfR in der neuen Abschätzung auch aktuelle trans-Fettsäure-Daten für die Lebensmittelgruppe „Pizza“, die vom Deutschen Tiefkühlinstitut e.V. im Dezember 2011 im Rahmen der Arbeitsgruppe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) zur Verfügung gestellten wurden.

2 Ergebnis

Der Verzehr von *trans*-Fettsäuren korreliert mit dem Auftreten von kardiovaskulären Erkrankungen, wobei das Erkrankungsrisiko bei einer *trans*-Fettsäuren-Aufnahme oberhalb von 2 % der Nahrungsenergie mit einer Risikoerhöhung von 23 % einhergeht und bei 3,4 % (und mehr) auch die Gesamtsterblichkeit ansteigt.

Human-Interventionsstudien mit *trans*-Fettsäuren natürlichen Ursprungs zeigen bei Aufnahmemengen von 3-5 % der Nahrungsenergie vergleichbare Effekte auf den Cholesterinspiegel, wie industriell bedingte *trans*-Fettsäuren. Eine quantitative Auswertung von 39 humanen Interventionsstudien mit *trans*-Fettsäuren (29 Studien mit industriellen TFA, 6 Studien mit ruminanten TFA und 17 Studien mit konjugierten Linolsäuren (CLA)) führt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass alle *trans*-Fettsäuren das Verhältnis von LDL-Cholesterin zu HDL-Cholesterin dosis-abhängig erhöhen. Auf der Basis der vorliegenden Studien kann daher die Aussage, dass natürliche *trans*-Fettsäuren kein Risiko für das kardiovaskuläre System sind, nur für Aufnahmemengen getroffen werden, die üblicherweise verzehrt werden.

Auf der Basis von Verzehrdaten der Nationalen Verzehrsstudie II (NVS II) des Max Rubner-Instituts und von *trans*-Fettsäuregehaltsdaten aus der Lebensmittelüberwachung sowie aus Forschungsprojekten des Institutes für Ernährungsphysiologie der Friedrich-Schiller-Universität (FSU) Jena und aktuellen Daten für Pizza vom Tiefkühlinstitut e.V. wurde die Aufnahme an *trans*-Fettsäuren in Deutschland abgeschätzt, sowie Lebensmittelgruppen identifiziert, die die Aufnahme von *trans*-Fettsäuren ungünstig beeinflussen. Darüber hinaus wurde auf individueller Basis das Verzehrverhältnis zwischen "*natürlichen*" und "*industriellen*" *trans*-Fettsäuren ermittelt.

Die Aufnahmeberechnungen wurden 2009 und 2013 in insgesamt vier Varianten durchgeführt. In der ersten Variante wurden die individuellen Verzehrdaten mit mittleren *trans*-Fettsäuregehalten der Lebensmittel verrechnet mit *trans*-Fettsäuren-Daten, die bis 2008 erhoben wurden, ermittelt. Diese Daten wurden auch für die Berechnungen einer „worst case“ Variante, in der 10 % der verzehrten Lebensmittel mit einem hohen *trans*-Fettsäuregehalt versehen waren, verwendet. Weiterhin wurde anhand dieser Daten das individuelle Verzehrverhältnis zwischen natürlichen und industriell bedingten *trans*-Fettsäuren bestimmt und Risikogruppen mit einer überdurchschnittlich hohen Aufnahme sowie die Lebensmittel, die dazu beitragen, identifiziert. In 2013 wurde zum einen die Aufnahmeberechnung mit den mittleren *trans*-Fettsäuregehalten unter Einbeziehung der Datenlieferung des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) aus dem Jahr 2012 wiederholt und eine weitere Berechnung unter zusätzlicher Einbeziehung der Daten des deutschen Tiefkühlinstituts e.V. für Fertipizza durchgeführt.

Die Expositionsabschätzungen erbrachten folgende Ergebnisse:

1. Die aktuelle **mittlere Aufnahme** an *trans*-Fettsäuren in der Population der 14 bis 80-Jährigen liegt in Deutschland bei **1,6 g/Tag** oder anders ausgedrückt, durchschnittlich wird **0,66 % der Nahrungsenergie** als *trans*-Fettsäuren verzehrt. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass die Gehaltsdaten an *trans*-Fettsäuren des Tiefkühlinstituts e.V. vom Dezember 2011 repräsentativ für die Masse der Produkte am Markt sind.
2. **Hohe Aufnahmemengen** an *trans*-Fettsäuren liegen bei 3,52 bis 5,34 g pro Tag (95. und 99. Perzentile), was einer Energieaufnahme von **1,14 bis 1,46 % der Nahrungsenergie** entspricht.
3. Die relative Aufnahme von *trans*-Fettsäuren (E %) ist unabhängig von der sozialen Schicht, vom Geschlecht und vom Alter.

4. Etwa 10 % der Studienpopulation verzehren mehr als 1 % der Nahrungsenergie in Form von *trans*-Fettsäuren.
5. Die Minimierung des *trans*-Fettsäuregehaltes in Pizza hat sich überdurchschnittlich positiv in den jüngeren Altersgruppen ausgewirkt.
6. Zur Differenzierung der Aufnahme von ruminanten (natürlichen) und industriell bedingten *trans*-Fettsäuren wurden für die beiden Leitfettsäuren der ruminanten (Vaccensäure = t11) und industriellen (Elaidinsäure = t9) *trans*-Fettsäuren gesonderte Expositionsabschätzungen vorgenommen. Diese Daten sind zwar bezüglich der aufgenommenen absoluten Mengen unsicher, da nicht für alle berücksichtigten Lebensmittel differenzierte Daten für beide Fettsäuren vorlagen. Jedoch waren die Ergebnisse prinzipiell geeignet, um folgende Aussagen zu begründen: a) hohe individuelle *trans*-Fettsäurebelastungen waren vor allem durch industriell bedingte *trans*-Fettsäuren bedingt und b) waren es besonders jüngere Menschen, die eine hohe Belastung mit industriell bedingten *trans*-Fettsäuren aufwiesen.

Auf der Basis der aktuellen Abschätzung der *trans*-Fettsäuren-Aufnahme in Deutschland schätzt das BfR eine mögliche Erhöhung des kardiovaskulären Risikos durch einen zu hohen Verzehr von *trans*-Fettsäuren in Deutschland in allen Altersgruppen gegenwärtig als gering ein.

3 Begründung

3.1 Gefährdungspotenzial

Trans-Fettsäuren (*trans fatty acids*, TFA) sind ungesättigte Fettsäuren, die mindestens eine Doppelbindung in der *trans*-Konfiguration aufweisen. Auch die konjugierten Linolsäuren (*conjugated linoleic acid*, CLA) werden zu den TFA gezählt, wenn eine der Doppelbindungen in der *trans*-Konfiguration vorliegt. Die wesentlichen Quellen für TFA sind Fett von Wiederkäuern (Rind, Schaf, Ziege) und hydrogeniertes Pflanzenfett. Des Weiteren kommen TFA in hydrogenierten Fischfetten vor. TFA aus Wiederkäuerfett (*ruminant TFA* oder rTFA) und TFA aus hydrogeniertem Pflanzenfett (*industrial TFA* oder iTFA) enthalten die gleichen Isomere, jedoch in unterschiedlicher Verteilung. Leitsubstanzen für die beiden Haupt-TFA-Quellen sind jeweils die *trans*-Fettsäuren, die am häufigsten vorkommen. In rTFA ist das die *trans*-Vaccensäure (t11 C18:1) und in iTFA die *trans*-Elaidinsäure (t9, C18:1).

Eine Erhöhung des Anteils an TFA in der Nahrung führt zu einer Verschiebung der Lipoproteinanteile im Blut. Diese Dyslipoproteinämie äußert sich in Form eines gestiegenen LDL- und erniedrigtem HDL-Cholesterins. Dieses Ansteigen des LDL-Cholesterin/HDL-Cholesterin-Quotienten gilt als Risikofaktor für das Auftreten von Erkrankungen des Herzkreislaufsystems (WHO, 2004). Eine Metaanalyse pro- und retrospektiver Studien von Mozaffarian et al. (2006) bestätigt, dass eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Aufnahme an TFA und einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen (KHK) besteht. Das relative Risiko an einer KHK zu erkranken, erhöht sich bei einer TFA-Aufnahme oberhalb von 2 % der Energieaufnahme um das 1,23 bzw. 1,29-fache. In einer neueren Arbeit wird von Kiage et al. (2013) für die REGARDS-Kohorte (*REasons for Geographic And Racial Differences in Stroke*) der USA gezeigt, dass die Aufnahme von *trans*-Fettsäuren auch signifikant mit der Gesamtsterblichkeit korreliert. Unter den 18.513 Teilnehmern dieser Studie war das Sterberisiko während der 7 Jahre Beobachtungszeit in den beiden höchsten Quintilen der TFA-Aufnahme (die mittlere TFA-Aufnahme je Quintil betrug 3,45 E % und 4,86 E %) um 25 % höher als im niedrigsten Quintil (mittlere TFA Aufnahme von 1,6 E %). In den beiden mittleren Quintilen (die TFA-Aufnahme je Quintil betrug 2,3 E % und 2,84 E %) zeigte

sich keine erhöhte Gesamtsterblichkeit. Darüber hinaus konnte von der Arbeitsgruppe um Mozaffarian in zwei unabhängigen Kohorten (ältere Menschen der *CHS - Cardiovasculare Health Study* und Frauen der *ERA – Estrogen Replacement and Atherosclerosis study*) mittels Plasmalipidomics gezeigt werden, dass ein *trans*-Fettsäure-dominiertes Fettsäuremuster im Blutplasma mit der Inzidenz von koronaren Herzerkrankungen und der Progression von Arteriosklerose signifikant positiv korreliert (Imamura et al., 2012).

Nur wenige humane Interventionsstudien haben sich bisher mit den Wirkungen von TFA aus Wiederkäuerfetten auseinandergesetzt. Eine Vaccensäure-angereicherte Diät führte im Gegensatz zur Kontrolle (nicht modifizierte Milchfettdiät) zu einem 14 % höheren Plasma-Triacylglycerin-Gehalt ($p < 0.008$; Tholstrup et al., 1998) und zu einem Sinken des HDL-Cholesterin- um 6 % ($p < 0.01$) und somit des Gesamt-Cholesterin-Spiegels um 9 % ($p < 0.05$; Tholstrup et al., 2006). Beim Vergleich einer modifizierten Milchfettdiät, die sich durch erhöhte *cis*-9, *trans*-11 CLA und *trans*-11 18:1 auszeichnete, mit der Kontrolldiät, kam es zu einem Ansteigen des LDL-HDL-Verhältnis ($p = 0.023$). Für andere Lipoprotein- und Entzündungsmarker konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Tricon et al., 2006).

Wood et al. (1993) verzeichneten unter einer Butter-Diät einen signifikanten Anstieg des LDL-Cholesterin und von ApoA-I im Vergleich zu einer TFA-reichen Margarine-Diät. Almenningen et al. (1995) bestätigten die Ergebnisse von Wood et al. Bei den Probanden, die die Butter-Diät verzehrten, kam es im Gegensatz zur partiell hydrogenierten Sojabohnendiät zu einem Ansteigen des ApoA-I und des LDL-Cholesterin.

Bei einem direkten Vergleich der Aufnahme von 2,5 g iTFA bzw. 2,5 g rTFA pro Tag kommen Weggemans et al. (2004) nach Auswertung von Kohorten- und Fall-Kontrollstudien zu dem Ergebnis, dass keine Unterschiede zwischen rTFA und iTFA in Bezug auf das kardiovaskuläre Risiko (CVR) existieren. Ab einer Aufnahme von 3 g pro Tag konnten Weggemans et al. (2004) für iTFA jedoch ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen feststellen.

In zwei doppel-blinden, randomisierten und kontrollierten cross-over Interventionsstudien wurde ein direkter Vergleich der Wirkungen von rTFA und iTFA vorgenommen. Chardigny et al. (2008) untersuchten bei 19 Männern und 21 Frauen die Unterschiede zwischen einer iTFA- und rTFA-Diät, in denen jeweils 5 % der täglichen Energieaufnahme aus TFA resultierten. Die Autoren beobachteten beim Verzehr der iTFA-Diät, dass die HDL-, LDL- und Gesamtcholesterinspiegel, das apoA1 und die Triacylglycerine ($p \leq 0,012$) im Vergleich zur rTFA-Diät bei den Frauen signifikant geringer war. Diese Tendenz wurde bei den Männern ebenfalls beobachtet, die Veränderungen waren allerdings nicht signifikant.

Motard-Bélanger et al. (2008) verglichen bei 38 männlichen Studienteilnehmern die Veränderungen im Lipoproteinprofil zwischen einer moderat hohen rTFA-Diät (1,5 Energie % pro Tag), einer sehr hohen rTFA-Diät (3,6 Energie %), einer sehr hohen iTFA-Diät (3,6 Energie %) und einer Kontroll-Diät (0,8 Energie % aus rTFA). Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl rTFA als auch iTFA in sehr hohen Konzentrationen (3,6 E %) den LDL-Cholesterin-Spiegel im Vergleich zur Kontrolle erhöhten und den HDL-Spiegel im Vergleich zur Kontrolle senkten. Dabei erwies sich der negative Einfluss von rTFA als stärker signifikant als der Einfluss von iTFA. Unter der Diät mit moderat hohem rTFA-Gehalt (1,5 E %) wurden jedoch keine veränderten Werte für die Einzelparameter des Cholesterinspiegels im Vergleich zur Kontrolle gefunden.

Eine quantitative Neuauswertung von 39 humanen Interventionsstudien mit *trans*-Fettsäuren (29 Studien mit industriellen TFA, 6 Studien mit ruminanten TFA und 17 Studien mit konju-

gierten Linolsäuren (CLA)) führt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass alle trans-Fettsäuren das Verhältnis von LDL-Cholesterin zu HDL-Cholesterin dosis-abhängig erhöhen (Brouwer et al., 2010).

Laake et al. (2012) haben in der nationalen Kohorte Norwegens, die für eine landesweite Studie zur Identifizierung von Gesundheitsrisiken rekrutiert wurde (Bjartveit et al., 1979), Zusammenhänge zwischen dem Verzehr verschiedener *trans*-Fettsäuren und dem Auftreten von kardiovaskulären Todesfällen nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von 25,8 Jahren untersucht. Dabei wurden die Analysen nicht für den Gesamt-TFA-Verzehr durchgeführt, sondern jeweils getrennt für die Aufnahme von *Trans*-Fettsäuren aus teilgehärteten Pflanzenölen (PHVO – *Partial Hydrogenated Vegetable Oil*), teilgehärteten Fischölen (PHFO – *Partial Hydrogenated Fish Oil*) und aus ruminanten Quellen. Die mittleren Aufnahmemengen der drei *trans*-Fettsäuren-Typen wurden mit 0,9 E % für iTFA aus PHVO, 1,6 E % für iTFA aus PHFO und 0,6 E % für rTFA's angegeben. Die Spanne zwischen dem jeweiligen 1. und 5. Aufnahmequartil reichte für iTFA aus PHVO von <0,15 bis >= 1,65 E %, für iTFA aus PHFO von <0,85 bis >= 2,35 E % und für rTFA von <0,4 bis >= 0,85 E %. Die Aufnahmedaten wurden zur Gesamtmortalität, zur kardiovaskulären Mortalität insgesamt, zum Herzinfarkt, zum Tod durch Schlaganfall sowie zu einer Kategorie „plötzlicher Tod“ in die alle nicht klassifizierten Todesursachen einfließen, in Beziehung gesetzt. Die Daten wurden in 4 statistischen Regressionsmodellen, in welche sukzessiv bekannte Einflussfaktoren (Alter, Energieaufnahme, Rauchverhalten, Fettverzehr, Kohlenhydratverzehr, gesättigte und ungesättigte Fettsäuren etc.) eingeschlossen wurden, geprüft. In den Ergebnissen fanden die Autoren für die iTFA-Aufnahme aus PHVO eine signifikant positive Korrelation mit der Totalmortalität und dem Tod durch Herzinfarkt in je einem der 4 Modelle und eine inverse Korrelation mit dem Tod durch Schlaganfall in 2 von 4 Modellen. Für die iTFA-Aufnahme aus PHFO fand sich eine positive Korrelation zur Gesamtmortalität, der kardiovaskulären Mortalität und zum Tod durch Schlaganfall in je 2 von 4 Modellen. Für die Aufnahme der ruminanten TFA waren die Effekte geschlechtsspezifisch. Bei Männern gab es keine Korrelation zwischen der rTFA-Aufnahme und irgendeiner Todesursache, während sich bei den Frauen eine positive Korrelation zur Gesamtmortalität, zur kardiovaskulären Mortalität und zum Herzinfarkt in je 2 von 4 Modellen zeigte. Die Effekte verloren ihre Signifikanz bei den iTFA aus PHFO und bei den ruminanten TFA in den Modellen, in denen auch gegen die Aufnahme gesättigter Fettsäuren, ungesättigter Fettsäuren, Cholesterin und die jeweils anderen TFA's adjustiert wurde. Da insbesondere die Aufnahme an rTFA gleichsinnig mit der Aufnahme gesättigter Fettsäuren und invers mit der Aufnahme mehrfach ungesättigter Fettsäuren korrelierte und bei Einbeziehung dieser Parameter in die Regression der Effekte nicht mehr signifikant war, lassen sich diese Ergebnisse nicht eindeutig der Aufnahme an rTFA zuordnen.

3.2 Expositionsabschätzung

Auf der Basis der Verzehrdaten der NVS II und von *trans*-Fettsäuregehaltsdaten aus der Lebensmittelüberwachung sowie aus Forschungsprojekten des Institutes für Ernährungsphysiologie der FSU Jena wurde in 2009 eine Expositionsabschätzung für *trans*-Fettsäuren durchgeführt sowie der Beitrag der Lebensmittelgruppen zur Aufnahme von *trans*-Fettsäuren bestimmt. Darüber hinaus wurde auf individueller Basis das Verzehrverhältnis zwischen „natürlichen“ und „industriellen“ *trans*-Fettsäuren ermittelt. Unter Einbeziehung der Daten aus dem BÜP 2011 für die Lebensmittelgruppen Eier, Eiprodukte, Speiseeis, Suppen und Soßen sowie der Daten des Tiefkühlinstituts e. V. für Pizzen aus 2011 wurde die Abschätzung der Gesamtaufnahme an *trans*-Fettsäuren wiederholt.

3.2.1 Datengrundlagen

TFA-Gehaltsdaten

2008 wurden dem BfR vom BVL TFA-Gehalte für 2594 Produkte, die 255 Lebensmittel umfassen, übermittelt. Die Analysen wurden im Rahmen des bundesweiten Überwachungsplans 2008 „*trans*-Fettsäuren in Lebensmitteln“, des Probenplans für das gesetzliche Lebensmittelmonitoring oder aus Verdachtsgründen durchgeführt. Die Messungen erfolgten zwischen 2000 und 2008 durch die Überwachungsbehörden der Bundesländer. Es wurden die *trans*-Fettsäuren *trans*-9 16:1, *trans*-9 18:1, *trans*-11 18:1, *trans*-9, *trans*-12 18:2, *trans*-13 22:1 gemessen und pro untersuchtem Lebensmittel summiert. Dieses Verfahren wurde nicht bei allen Produkten durchgeführt. Bei 43 % der analysierten Proben wurde nur eine *trans*-Fettsäure und bei einem Drittel aller Proben nur zwei *trans*-Fettsäuren analysiert. Bei ca. 75 % dieser Proben wurde daher der Gesamt-TFA-Gehalt nicht komplett erfasst. Weiterhin unterscheidet sich die Anzahl gemessener Proben pro Lebensmittel stark. Vereinzelt wurde eine sehr hohe Probenanzahl pro Lebensmittel untersucht (z. B. Pommes frites, n=250), gleichzeitig wurden von anderen Lebensmittel nur sehr wenige Proben analysiert (z.B. Bratfettmischung, n=1). Die Daten sind daher inhomogen.

2012 erhielt das BfR weitere Daten für 704 Produkte aus den Lebensmittelgruppen Eier, Eiprodukte, Speiseeis, Suppen und Soßen, die in 2011 im Rahmen des Bundesüberwachungsprogramms erhoben wurden. Für 101 der Produkte lag auch ein Wert für den Gehalt an Vaccensäure (t11) und für 336 der Produkte ein Wert für den Gehalt an Elaidinsäure (t9) vor. Von den Überwachungsbehörden wurden insbesondere in der Datenlieferung aus 2008 auch Angaben zu den Lebensmittelgruppen diätetische Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel, Frittieröle und -fette, Käseimitate, industrielle Backzutaten und Säuglingsnahrung an das BfR übersandt. Diese Lebensmittel gingen in die Aufnahmeabschätzungen dieser Arbeit nicht ein, da sie in der NVS II nicht erfasst wurden.

Werte aus 968 Lebensmitteln der Lebensmittelgruppen frittierte Kartoffelgerichte/Pizza, pflanzliche Öle, Samen/Nüsse, Fettgebäck, Kuchen, Zuckerwaren, Schokoladenwaren, Kleingebäck, Müsli/Cerealien, Chips, Fette, Dressings/Soßen und Obst/Gemüse wurden in 2009 für die vorläufigen Berechnungen verwendet (Tab. 1).

In den neuen Berechnungen wurden für die Lebensmittelgruppen Eier, Eiprodukte, Speiseeis, Suppen und Soßen die Daten aus der Datenlieferung 2012 (BÜP 2011) verwendet.

Der Lehrstuhl für Ernährungsphysiologie der Universität Jena stellte dem BfR vollständige Fettsäureanalysen (bis zu 80 Fettsäuren pro Produkt, darunter 6 TFA vom C18:1, C18:2 und C:3 Typ) von 407 Lebensmittelproben aus den Kategorien Fleisch, Milch, Brot, Margarinen, Fisch, Kuchen und Gebäcke zur Verfügung (Tab. 1). Die von der Universität Jena zur Verfügung gestellten Daten sind somit sehr homogen und vollständig, obgleich die Gesamtanzahl der von Jena analysierten Lebensmittel geringer ist als die der Überwachungsbehörden.

TFA-Gehaltsdaten für Suppen und Soßen aus der TRANSFAIR-Studie wurden nur in den Berechnungen 2009 verwendet, da zu dieser Zeit keine eigenen Analysedaten für diese beiden Produktgruppen vorlagen (Aro et al., 1998).

Im Rahmen der Arbeitsgruppe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) „Minimierung der *trans*-Fettsäuren in bestimmten Lebensmitteln“ stellte der Tiefkühlinstituts e.V. im Dezember 2011 *trans*-Fettsäure-Daten für 20 Produkte von 3 Herstellern zur Verfügung. Für diese Produkte lagen überwiegend TFA-Gesamtwerte vor, wobei für 12 Produkte außerdem die Summe von Vaccen- und Elaidinsäure an-

gegeben wurde, nicht aber Einzelwerte für die beiden Fettsäuren. Nach den Aussagen des Tiefkühlinstituts wurden diese Pizzen bereits in Produktionsprozessen produziert, die bezüglich des *trans*-Fettsäuregehaltes eine Qualitätskontrolle beinhalten.

Tabelle 1: Umfang und Herkunft der TFA-Gehalte

Lebensmittel-Kategorien	Anzahl gemessener Produkte	Quelle
Fleisch, Fleischprodukte	113	FSU Jena
Milch, Milchprodukte, Käse	111	FSU Jena
Brot, Brotwaren	78	FSU Jena
Margarinen	56	FSU Jena
Kuchen, Gebäcke	35	FSU Jena
Fisch	14	FSU Jena
Frittierte Kartoffelgerichte, Pizza	294	BVL 2008
Öle	449	BVL 2008
Samen, Nüsse	68	BVL 2008
Fettgebäcke	86	BVL 2008
Chips	52	BVL 2008
Kuchen	38	BVL 2008
Kleingebäcke	28	BVL 2008
Fette	13	BVL 2008
Müsli	9	BVL 2008
Schokoladenwaren	4	BVL 2008
Dressings, Soßen Eier	4	BVL 2008
Gemüse	2	BVL 2008
Zuckerwaren	1	BVL 2008
Suppen und Soßen		Aro et al., 1998
Eier	130	BVL 2012
Speiseeis	177	BVL 2012
Brühe	23	BVL 2012
Soßen	133	BVL 2012
Suppen	13	BVL 2012
Tütensuppen	191	BVL 2012
Pizza	20	Tiefkühlinstituts 2011

Die TFA-Gehalte spezifischer Lebensmittel wurden zum einen gemittelt und zum anderen wurden wo möglich die 95. bzw. die 75. Perzentile des TFA-Gehaltes der Produkte berechnet. Die mittleren TFA-Gehalte wurden den Lebensmitteln des BLS II.4, die in der NVS II verzehrt wurden, zur Berechnung der habituellen TFA-Aufnahme zugeordnet. Die hohen TFA-Gehalte wurden in den Berechnungen 2009 zur Berechnung eines *worst case*-Szenariums verwendet.

Der Bundeslebensmittelschlüssel

Das Standardinstrument für die Auswertung von Verzehrerhebungen in Deutschland stellt der Bundeslebensmittelschlüssel (BLS) dar. Verantwortlich für die Aktualisierung dieser Nährwertdatenbank ist seit Mai 2004 das MRI (Max Rubner-Institut, 2008c). Im Zusammenhang mit der NVS II wurde der BLS hinsichtlich der enthaltenen Lebensmittel und Inhaltsstoffe zur Version II.4 aktualisiert. Zur Zeit liegt der BLS in der noch aktuelleren Variante BLS

3.01 vor, da die Aufnahmeabschätzung für *trans*-Fettsäuren in 2009 jedoch mit dem BLS II.4 berechnet wurde, erfolgten auch die aktuellen Berechnungen mit dem BLS II.4. Etwa ein Viertel der BLS-Codes des BLS II.4 wurden in der NVS II als verzehrt angegeben (3742 BLS-Codes).

Die oben beschriebenen TFA-Gehalte spezifischer Lebensmittel wurden gemittelt und wo möglich, wurde zusätzlich die 95. bzw. die 75. Perzentile des TFA-Gehaltes für das Lebensmittel berechnet. Alle TFA-Gehalte mit Ausnahme der aktuellen Werte für Pizza, lagen zunächst als relativer Anteil am Gesamtfett der Lebensmittel vor und wurden pro 100 g Lebensmittel in den BLS II.4 eingepflegt.

Verzehrsdaten

Die NVS II ist die zurzeit aktuellste repräsentative Studie zum Verzehr in der deutschen Bevölkerung. Die Studie, bei der etwa 20.000 Personen im Alter von 14-80 Jahren mittels drei verschiedener Erhebungsmethoden ("*Dietary History*" Interview, "*24 h recall*" und Wiegeprotokoll) zu ihrem Ernährungsverhalten befragt wurden, fand zwischen 2005 und 2006 in ganz Deutschland statt (MRI, 2008). Die vorliegenden Aufnahmeberechnungen beruhen auf den Daten der "*Dietary History*" Interviews, die mit Hilfe des Programms "DISHES 05" erhoben wurden. Mit der "*Dietary History*" Methode wurden 15.371 Personen befragt. Dabei wurde der übliche Verzehr in den letzten 4 Wochen (ausgehend vom Befragungszeitpunkt) retrospektiv erfasst. Dieses Verfahren liefert gute Schätzungen für die langfristige Aufnahme von Stoffen, wenn Lebensmittel in allgemeinen Kategorien zusammengefasst werden oder Lebensmittel betrachtet werden, die einem regelmäßigen Verzehr unterliegen.

3.2.2 Aufnahmeberechnungen

Die Aufnahmeberechnungen 2009 wurden in zwei Varianten durchgeführt. In der ersten Variante wurden die individuellen Verzehrsdaten mit den mittleren *trans*-Fettsäuregehalten der Lebensmittel verrechnet. Diese Berechnung ergibt eine Aufnahmeverteilung, die als habituelle TFA-Aufnahme der deutschen Bevölkerung bezeichnet werden kann. In einer zweiten „*worst case*“ Variante wurden 10 % der verzehrten Lebensmittel (Waffeln, Kekriegel, Süßspeisen, Torten, Obstkuchen, Kleingebäck, Rührkuchen, Hefekuchen, Kekse, Hörnchen, sonstige Kuchen, Chips, Blätterteigkuchen, Blätterteigpasteten und Pfannkuchen, Zwieback, Salz- und Laugengebäck, Pizza und frittierte Kartoffelgerichte) mit einem hohen *trans*-Fettsäuregehalt (75. bzw. 95. Perzentile des TFA-Gehaltes der analysierten Produkte) versehen, während für die anderen Lebensmittel der mittlere TFA-Gehalt beibehalten wurde. Diese *worst case*-Berechnung würde der Aufnahme einer Population entsprechen, die aus verschiedenen Gründen (z.B. soziale oder regionale Gründe) regelmäßig Produkte mit einem hohen TFA-Gehalt verzehrt.

Die aktuellen Berechnungen in 2013 wurden ebenfalls in zwei Varianten durchgeführt. In der ersten Variante wurden die alten TFA-Gehaltsdaten der Lebensmittel in den Gruppen Speiseeis, Brühen, Suppen und Soßen durch aktuelle Werte aus dem BÜP 2011 ersetzt. Außerdem wurden erstmalig auch Eier und Eiprodukte in die Berechnung einbezogen, für die 2009 keine *trans*-Fettsäure-Daten verfügbar waren. In der zweiten Variante wurden zusätzlich die alten TFA-Gehalte für Pizzen durch den Mittelwert der Gehaltsangaben des Tiefkühlinstituts e.V. aus 2011 ersetzt. Da für diese Werte explizit die Aussage gemacht wurde, dass alle Produkte bezüglich des Gehaltes an TFA einer Qualitätskontrolle unterlagen, eignet sich diese Berechnung zur Untersuchung der Wirksamkeit einer TFA-Minimierungsstrategie.

In 2009 wurde darüber hinaus auch die Aufnahme der beiden Leitfettsäuren für ruminante und industrielle TFA, Vaccensäure und Elaidinsäure, einzeln berechnet sowie das individuel-

le Verzehrverhältnis zwischen den beiden *trans*-Fettsäuren bestimmt. Anhand der Berechnungen wurden Risikogruppen mit einer überdurchschnittlich hohen Aufnahme identifiziert und die Lebensmittel bestimmt, die zur Aufnahme von *trans*-Fettsäuren beitragen. Diese detaillierten Berechnungen wurden in 2013 nicht wiederholt.

Für die Berechnungen wurden die TFA-Gehalte aller Lebensmittel für jedes Individuum nach folgender Formel summiert:

$$A_{TFA,id} = \sum_{i=1}^{lm} MVM_{i,id} \times \frac{TFA_i}{100}$$

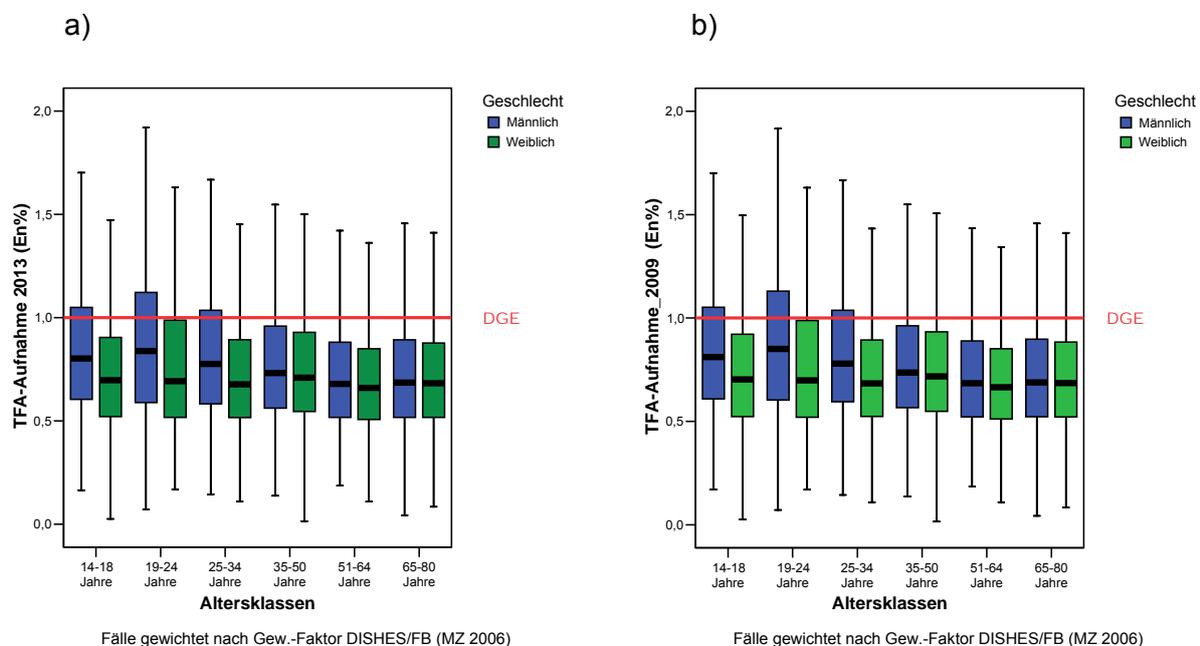
MVM steht für die mittlere Verzehrsmenge der verzehrten Lebensmittel.

3.2.3 Ergebnisse

Habituelle TFA-Aufnahme

Abbildung 1 zeigt einen Vergleich der habituellen TFA-Aufnahmeverteilungen aus 2009 und 2013 (Variante 1) getrennt nach Alter und Geschlecht.

Abbildung 1: Verteilung der TFA-Aufnahme a) vorläufige Berechnung in 2009 und b) TFA-Aufnahme nach Aktualisierung der Lebensmittelgehaltsdaten mit den Daten aus dem BÜP 2011 (ohne die Pizza-Daten des Tiefkühlinstituts). Die rote Linie entspricht dem Referenzwert von 1 % der Nahrungsenergie der DGE. Die Ergebnisse sind als Box-Whisker-Plots dargestellt. In dem als Box bezeichneten Kasten entspricht der mittlere Strich dem Median. Die Enden der Box stellen das 25. bzw. 75. Perzentil dar. Die Box umfasst 50 % aller Werte. Die Whiskers geben den kleinsten bzw. größten Wert innerhalb der 1,5fachen Boxlänge an. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden Extremwerte und Ausreißer ausgeblendet.



Die Mittelwerte sowie ausgewählte Perzentilen für die Gesamtpopulation sind in den Tabellen 2 (in g/Tag) und 3 (in % der Nahrungsenergie) aufgeführt. Trotz zusätzlicher Berücksichtigung der TFA-Aufnahme aus Eiern und Eierprodukten stimmen die Aufnahmeberechnungen von 2009 und 2013 relativ gut überein. Neben den Daten für Eier wurden jedoch auch

für Speiseeis, Suppen und Soßen aktuelle *trans*-Fettsäure-Werte aus dem BÜP 2011 verwendet. Für diese Lebensmittel wurden in 2009 Daten aus der TRANSFAIR-Studie bzw. Einzelwertbestimmungen aus der Datenlieferung des BVL von 2008 verwendet, die in der Tendenz etwas höhere Werte aufwiesen als die aktuellen Mittelwertdaten für diese Lebensmittel aus 2011.

Ohne Berücksichtigung der minimierten Pizza-Gehalte ist die absolute Aufnahme an *trans*-Fettsäuren (g pro Tag) bei Männern signifikant höher als bei Frauen. Auch die prozentuale tägliche Energieaufnahme aus TFA liegt bei Männern mit 0,79 E % (2013) signifikant höher als bei Frauen mit 0,74 E % (Tab.3, Mann-Whitney-U-Test; p=0,000; α=0,05). Die höchste Aufnahme an *trans*-Fettsäuren findet sich bei den jungen Erwachsenen (19 bis 24 Jahre) gefolgt von den Jugendlichen (14 bis 18 Jahre) (Tab.4). Insgesamt sinkt die TFA-Aufnahme mit dem Alter. Die soziale Schicht spiegelt sich nur wenig in der *trans*-Fettsäureaufnahme wieder.

Ohne Berücksichtigung der minimierten Pizza-Gehalte liegt in der Gesamtpopulation der Anteil der Personen, die mehr als 1 % ihrer Nahrungsenergie in Form von TFA verzehren, bei 20 %. Dabei zeigen sich Unterschiede zwischen den Geschlechtern und Altersgruppen (Tabelle 4). Jüngere Menschen verzehren häufiger viel TFA als ältere Menschen. Der höchste Anteil an Personen, die mehr als 1E % TFA verzehren, findet sich mit 36,2 % bei den jungen Männern (19 bis 24 Jahre).

Tabelle 2: Aufnahme an *trans*-Fettsäuren in g pro Tag differenziert nach Geschlecht

TFA-Aufnahme g/Tag	MW	SD	25P	50P	75P	95P	99P	Min	Max
2009 Männer n=7.613	2,30	1,433	1,34	1,98	2,85	4,91	n.d.	0,07	18,97
2013 Männer n=7.613	2,83	1,426	1,33	1,39	2,83	4,88	7,28	0,07	18,87
2009 Frauen n=7.758	1,59	0,898	0,97	1,40	1,98	2,73	3,30	0,01	9,71
2013 Frauen n=7.758	1,58	0,894	0,96	1,39	1,96	3,28	4,73	0,01	9,71
2009 Alle n=15.371	1,94	1,245	1,11	1,64	2,41	3,34	4,23	0,01	18,97
2013 Alle n=15.371	1,93	1,239	1,11	1,63	2,40	4,20	6,32	0,01	18,87

Tabelle 3: Prozentuale Energieaufnahme aus *trans*-Fettsäuren pro Tag differenziert nach Geschlecht

TFA-Aufnahme Energie %	MW	SD	25P	50P	75P	95P	99P	Min	Max
2009 Männer n=7.613	0,80	0,359	0,56	0,73	0,97	1,41		0,04	5,24
2013 Männer n=7.613	0,79	0,358	0,55	0,73	0,96	1,41	1,98	0,04	5,24
2009 Frauen n=7.758	0,74	0,305	0,53	0,70	0,90	1,28		0,02	5,54
2013 Frauen n=7.758	0,74	0,305	0,52	0,69	0,90	1,27	1,72	0,01	5,54
2009 Alle n=15.371	0,77	0,334	0,54	0,71	0,94	1,34		0,02	5,54
2013 Alle n=15.371	0,76	0,333	0,45	0,71	0,94	1,34	1,84	0,01	5,54

Tabelle 4: Anteil der Personen, die mehr als 1 % der Nahrungsenergie als TFA verzehren differenziert nach Alter und Geschlecht (TFA-Aufnahme 2013 ohne die Pizza-Werte des Tiefkühlinstituts)

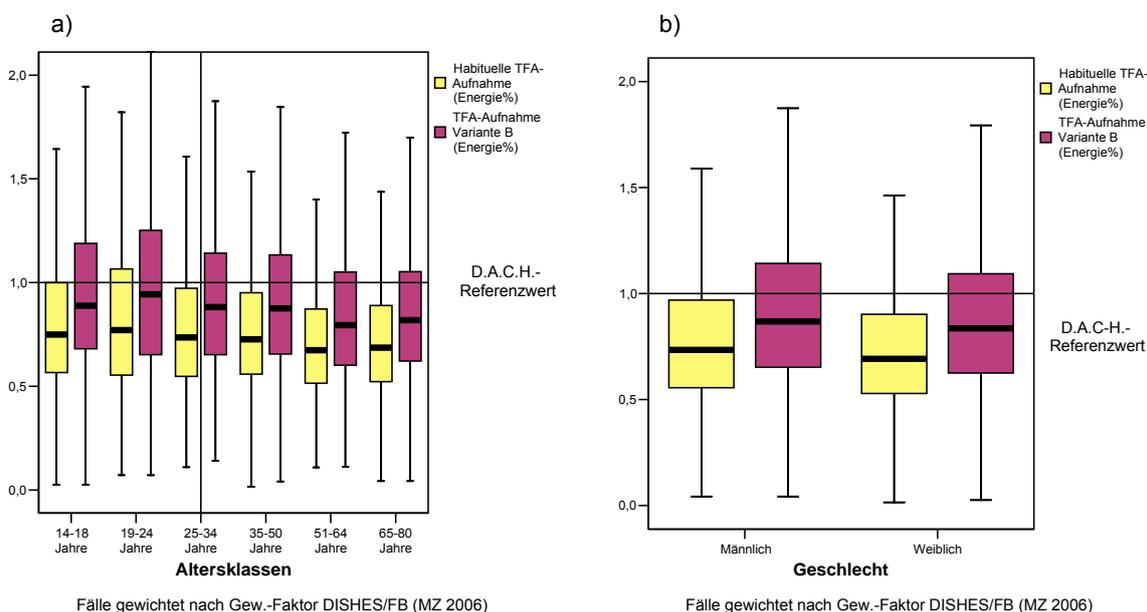
	14-18 Jahre	19-24 Jahre	25-34 Jahre	35-50 Jahre	51-64 Jahre	65-80 Jahre
männlich	30,1 %	36,2 %	28,6 %	21,2 %	16,3 %	15,8 %
weiblich	19,1 %	21,8 %	16,6 %	18,8 %	13,5 %	14,0 %

Modellierung der *worst-case*-Aufnahme von TFA

In 2009 wurden zur Berechnung einer *worst-case*-Aufnahme 235 BLS-Codes der Lebensmittel vom Typ Waffeln, Keksriegel, Süßspeisen, Torten, Obstkuchen, Kleingebäck, Rührkuchen, Hefekuchen, Kekse, Hörnchen, sonstige Kuchen, Chips, Blätterteigkuchen, Blätterteigpasteten und Pfannkuchen, Zwieback, Salz- und Laugengebäck, Pizza und frittierte Kartoffelgerichte mit einem erhöhten TFA-Wert versehen (95. bzw. 75. Perzentile der gemessenen Werte je Lebensmittel). Für die übrigen Lebensmittel wurde der mittlere TFA-Gehalt beibehalten. In Abbildung 3 ist die TFA-Aufnahme (2009) im *worst case* im Vergleich zur habituellen Aufnahme getrennt nach Altersgruppe (3a) und Geschlecht (3b) gezeigt.

Der Anteil der Personen, die mehr als 1 % ihrer Nahrungsenergie aus TFA verzehren, stieg in den Berechnungen der *worst-case*-Variante 2009 auf 35 %.

Abbildung 3: Anstieg der TFA-Aufnahme (2009), wenn 10 % hochbelastete Lebensmittel verzehrt werden, differenziert nach Altersgruppe (a) und Geschlecht (b)

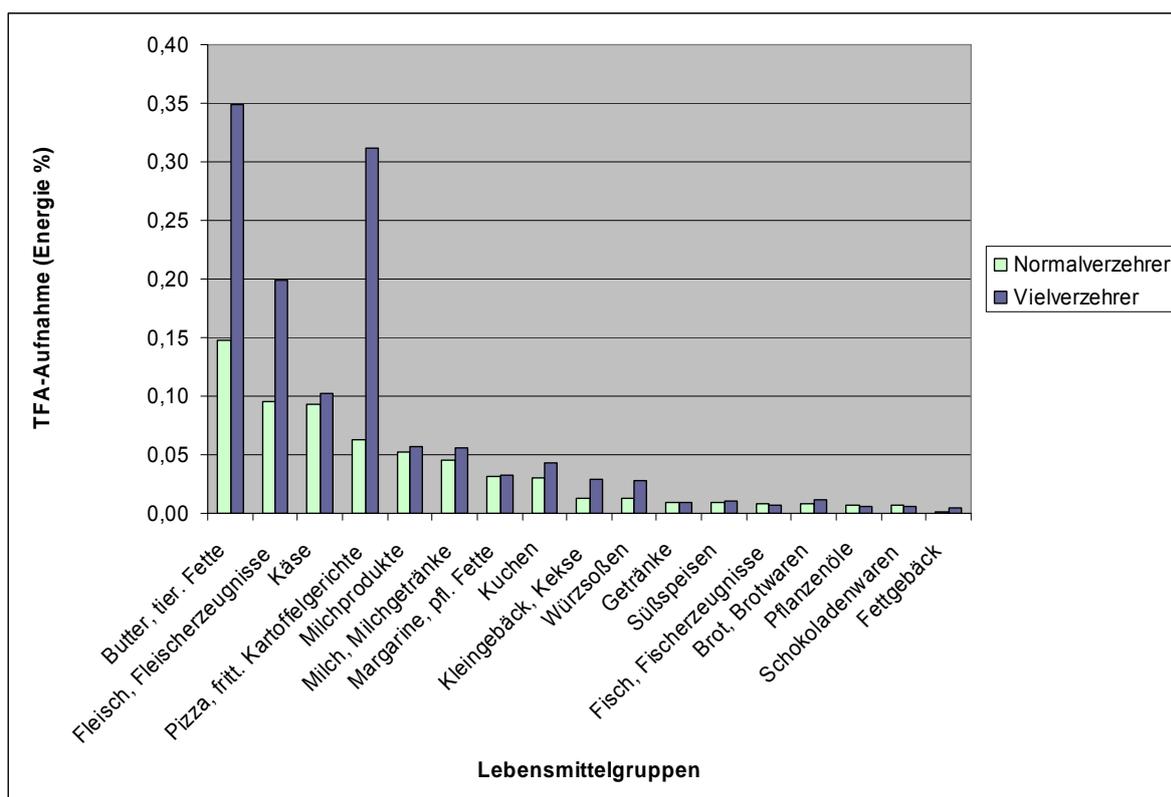


Beitrag der Lebensmittelgruppen zur habituellen TFA-Aufnahme (2009)

Für die Bestimmung des Beitrages der Lebensmittelgruppen wurden die Lebensmittel in 28 Gruppen zusammengefasst. In der Gesamtpopulation tragen Butter mit 25 % und Milchprodukte (Milch, fermentierte Milchprodukte, Sahne und Käse) mit 26 % zur Hälfte des TFA-Verzehrs bei. Weitere 16 % werden mit Fleisch, Wurst und Fleischprodukten verzehrt. Pizza und frittierte Kartoffelprodukte tragen mit 15 % zum TFA-Verzehr bei. Kleingebäck/Kuchen und Brotwaren liefern mit 7 % und 1 % eher geringe Anteile zum täglichen TFA-Verzehr.

Bei Unterteilung der Studienpopulation in die Gruppe der „Normalverzehrer (<1E %)“ und die Gruppe der „Vielverzehrer (>= 1E %)“ wurde deutlich, dass die Gruppe der Vielverzehrer überproportional viel TFA aus frittierten Kartoffelgerichten und Pizza aufnehmen. Auch die TFA-Aufnahme aus tierischen Fetten, Fleischwaren, Backwaren und Würzsoßen ist in der Gruppe der Vielverzehrer deutlich höher als bei den Normalverzellern (Abbildung 4).

Abbildung 4: Beitrag der Lebensmittelgruppen zum *trans*-Fettsäurenverzehr bei Normalverzellern und Vielverzellern (Aufnahmeberechnungen 2009)



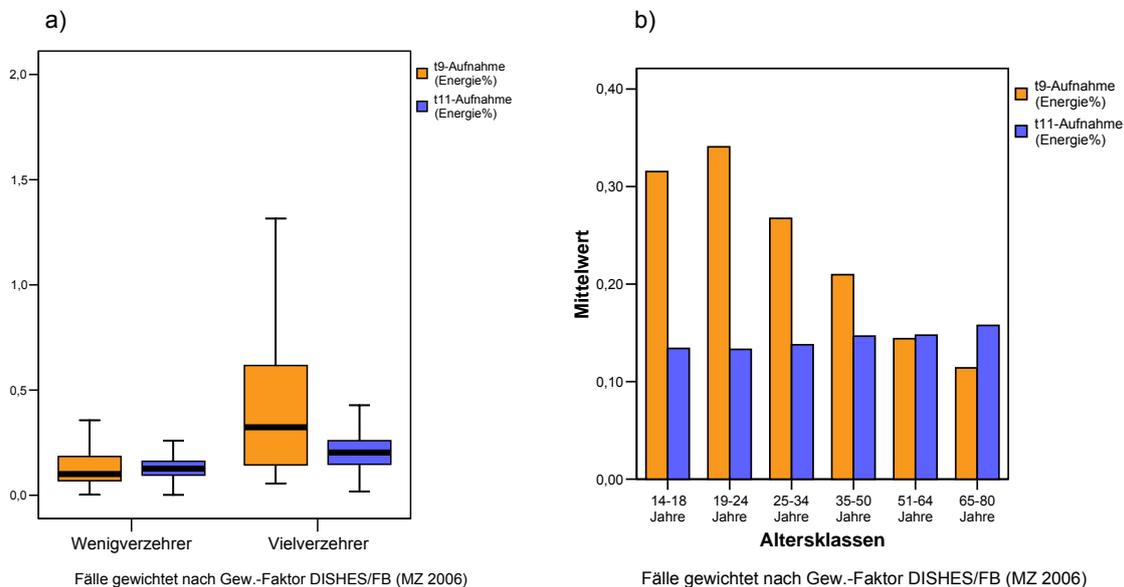
Identifikation von Risikogruppen (2009)

Durch Heranziehung der Empfehlung der Gesellschaften für Ernährung der drei deutschsprachigen Länder Deutschland, Österreich und Schweiz (DACH) für den Verzehr von *trans*-Fettsäuren konnte die Gesamtpopulation sowie Geschlecht- und Altersgeschichtete Untergruppen zunächst in Normalverzehrer und Vielverzehrer grob unterteilt werden. Im Folgenden sollten die Gruppen hinsichtlich ihres TFA-Verzehrs näher charakterisiert werden. Dazu wurde die Aufnahme der Leitfettsäuren (Vaccensäure = t11 und Elaidinsäure = t9) für industrielle und ruminante TFA einzeln, sowie im Verhältnis zueinander herangezogen. Durchschnittlich wird in Deutschland etwa 1,5-mal soviel Elaidinsäure wie Vaccensäure verzehrt. Eine nach Altersgruppen stratifizierte Aufnahmeberechnung für beide Fettsäuren zeigt jedoch, dass diese Aussage nur für Jugendliche und Erwachsene bis zu einem Alter von 50 Jahren richtig ist. Ältere Menschen (51 bis 64 Jahre) verzehren beide *trans*-Fettsäuren im selben Umfang und alte und sehr alte Menschen (65 bis 80 Jahre) verzehren sogar mehr Vaccensäure als Elaidinsäure. Eine überdurchschnittlich hohe Aufnahme an Elaidinsäure findet sich dagegen bei den Jugendlichen (14 bis 18 Jahre) und jungen Erwachsenen (19 bis

24 Jahre). Junge Menschen nehmen etwa 2,5-mal soviel technologisch bedingte TFA auf wie alte Menschen (Abb. 5b).

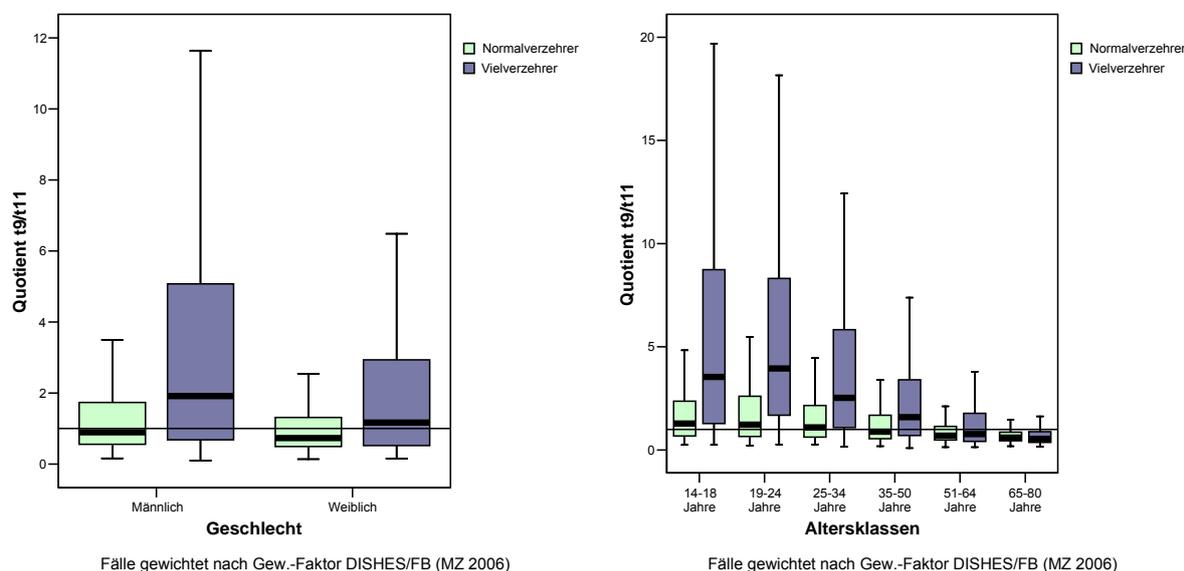
Darüber hinaus unterscheidet sich die prozentuale tägliche Energiezufuhr aus Vaccensäure nur geringfügig zwischen Normalverzehrern und Vielverzehrern. Beim Vergleich der Elaidinsäure-Aufnahme wird deutlich, dass Vielverzehrter 3,5-mal mehr Elaidinsäure zu sich nehmen als Normalverzehrter (Abb. 5a). Eine weitere Charakterisierung der Vielverzehrter wurde daher anhand des Quotienten zwischen Elaidinsäure und Vaccensäure vorgenommen. Der Quotient aus Elaidinsäure- und Vaccensäureaufnahme ist ein Faktor, der das Verhältnis Elaidinsäure- zu Vaccensäureaufnahme anschaulich beschreibt. Über alle Befragte ergibt der Quotient einen Mittelwert von 1,74. Der Median liegt bei 0,86.

Abbildung 5: (a) Vergleich der Energieaufnahme aus Vaccensäure (t11; dunkel) und Elaidinsäure (t9; hell) bei Normalverzehrern und Vielverzehrern von *trans*-Fettsäuren und (b) Vergleich der Aufnahme von Vaccensäure (t11; dunkel) und Elaidinsäure (t9; hell) nach Altersgruppen.



In Abbildung 6 ist die Verteilung des individuellen t9/11-Quotienten bei Normalverzehrern und Vielverzehrern getrennt nach Geschlecht (6a) und Altersgruppen (6b) dargestellt. Bei allen Subgruppen der TFA-Normalverzehrter liegt der Mittelwert des t9/11-Quotienten bei 1. Bei männlichen Vielverzehrern und bei allen Vielverzehrern bis zu 50 Jahren liegen die Mittelwerte des t9/11-Quotienten deutlich oberhalb von 1 und erreicht bei den beiden jüngsten Altersgruppen Werte um 4. Jugendliche und junge Vielverzehrter nehmen daher etwa 4 mal mehr industriell bedingte als ruminante TFA auf.

Abbildung 6: Vergleich der t9/t11-Quotienten zwischen Normalverzellern (grün) und Vielverzellern (lila) differenziert nach Geschlecht (a) und Altersgruppen (b)



Auswirkungen von iTFA – Minimierungsmaßnahmen für Pizza auf die TFA-Gesamtaufnahme

Mit den *trans*-Fettsäuregehalten des Tiefkühlkühlinstituts e.V. von 2011 lagen Daten von Produkten vor, die bereits durch Maßnahmen der Hersteller in ihrer Qualität verbessert und kontrolliert waren. Es bietet sich daher an, diese Daten zu nutzen, um den Effekt der TFA-Minimierung in Pizzen auf die Gesamtaufnahme einzeln zu berechnen. Aus diesem Grunde wurde in 2013 eine zweite Expositionabschätzung durchgeführt, in welcher die alten TFA-Werte für Pizza aus der Datenlieferung des BVL 2008 durch die Werte des Tiefkühlinstituts e.V. 2011 ersetzt wurden. Abbildung 7 zeigt die TFA-Aufnahme in den verschiedenen Altersgruppen der NVS II getrennt nach Geschlechtern als Prozent der aufgenommenen Energie, während aus der Tabelle 5 die mittleren Aufnahmemengen für die Gesamtpopulation und getrennt nach Männern und Frauen sowohl als absolute Aufnahme in g/Tag als auch als relative Aufnahme in Prozent der aufgenommenen Energie dargestellt sind. Zusätzlich wurden entsprechende Angaben für verschiedene Perzentile der Aufnahmeverteilung gemacht. Insgesamt verringert sich die mittlere TFA-Aufnahme in der Gesamtpopulation auf 0,66 % der verzehrten Energie. Weiterhin sinkt der Anteil der Personen, die mehr als 1 % ihrer Nahrungsenergie aus *trans*-Fettsäuren aufnehmen, durch Minimierung des TFA-Gehaltes in Pizza auf knapp 10 %. Wie aus Abbildung 8 ersichtlich ist, verringert sich durch diese Maßnahme insbesondere die TFA-Aufnahme in der jüngeren Bevölkerung.

Abbildung 7: TFA-Gesamtaufnahme 2013 nach Minimierung des TFA-Gehaltes von Pizza

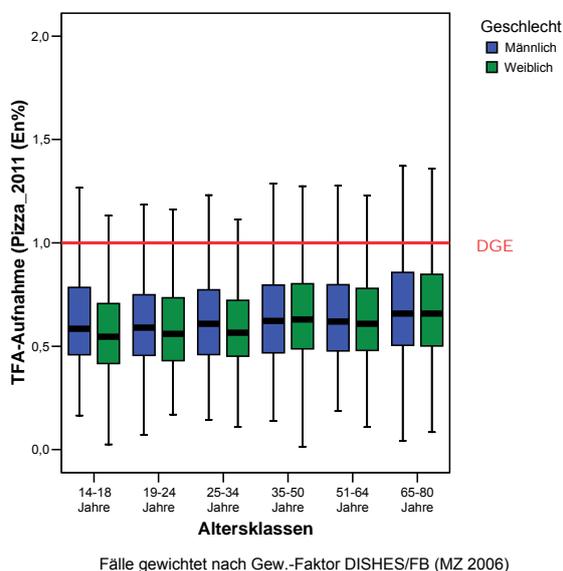


Abbildung 8: Prozentualer Anteil der Personen, die mehr als 1 % der Nahrungsenergie in Form von *trans*-Fettsäuren verzehren in den einzelnen Aufnahmeszenarien, getrennt nach Altersgruppen. Blau dargestellt ist die habituelle Aufnahme ohne Berücksichtigung von Minimierungsmaßnahmen (2009 hellblau und 2013 dunkelblau), rot dargestellt ist das worst case-Szenario und grün dargestellt ist das Aufnahmeszenario 2013 mit minimierten Pizza-TFA-Gehalten.

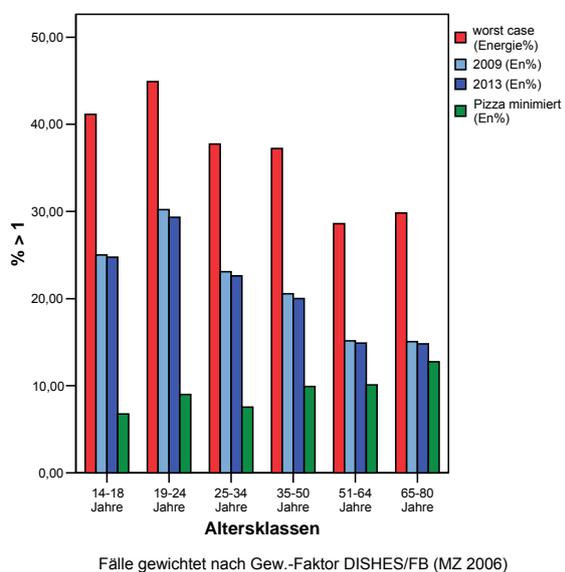


Tabelle 5: Prozentuale Energieaufnahme aus *trans*-Fettsäuren pro Tag differenziert nach Geschlecht nach Minimierung des TFA-Gehaltes in Pizza

TFA-Aufnahme g/Tag und Energie %	MW	SD	25P	50P	75P	95P	99P	Min	Max
g/Tag Männer n=7.613	1,90	0,131	1,16	1,64	2,35	4,00	5,94	0,07	18,87
E % Männer n=7.613	0,66	0,273	0,47	0,62	0,80	1,15	1,49	0,04	3,18
g/Tag Frauen n=7.758	1,40	0,782	0,86	1,24	1,72	2,88	4,28	0,01	7,94
E % Frauen n=7.758	0,65	0,264	0,47	0,61	0,79	1,12	1,44	0,01	5,54
g/Tag Alle n=15.371	1,65	1,003	0,99	1,42	2,03	3,52	5,34	0,01	18,87
E % Alle n=15.371	0,66	0,268	0,47	0,62	0,79	1,14	1,46	0,01	5,54

Unsicherheiten:

Das BfR geht davon aus, dass die Berechnungen einer realistischen Schätzung der TFA-Aufnahme in Deutschland entsprechen. Trotzdem sind die Daten mit Unsicherheiten behaftet.

- Ein Teil der verwendeten *trans*-Fettsäuredaten wurde nicht aktualisiert, und beruht für einige Lebensmittel auf einer geringen bis sehr geringen Zahl untersuchter Proben.
- Daten für Fertiggerichte lagen ausschließlich für Pizza und frittierte Kartoffelgerichte (vor allem Pommes frites) vor. Alle anderen komplexen Mahlzeiten aus der NVS II wurden für die Berechnungen in ihre Rezeptbestandteile aufgelöst und mit *trans*-Fettsäuregehalten der jeweiligen Einzellebensmittel versehen. Da Fertiggerichte in Abhängigkeit von der Qualität der verwendeten Fette und vom Produktionsprozess in ihrem *trans*-Fettsäuregehalt jedoch stark schwanken können, sind die Berechnungen insbesondere bezüglich industriell bedingter *trans*-Fettsäuren unsicher. Darüber hinaus kann nicht eingeschätzt werden, ob die Daten des Tiefkühlinstituts e.V. für die 20 Pizzen repräsentativ für die Masse der Fertigpizzen im Markt sind.
- Zwischenzeitlich wurde vom MRI ein Vergleich der verschiedenen Erhebungsmethoden vorgenommen. Dabei hat sich herausgestellt, dass die durch 24 h *recall* erhobenen Verzehrdaten relativ gut mit der Stichprobe, die den Verzehr durch Wiegeprotokolle ermittelt hat, übereinstimmt, während die Verzehrsmengen im Diet-History-Interview bei einigen Lebensmitteln stärker abweichen. Da in den Berechnungen des BfR die Daten aus dem Diet-History Interview verwendet wurden, können sich diese Abweichungen auch in den Ergebnissen widerspiegeln.

3.2.4 Diskussion

Der Verzehr von *trans*-Fettsäuren korreliert mit dem Auftreten von kardiovaskulären Erkrankungen, wobei das Erkrankungsrisiko bei einer TFA-Aufnahme oberhalb von 2 % der Nahrungsenergie mit einer Risikoerhöhung von 23 % einhergeht (Mozaffarian et al., 2006) und ab 3,4 % der Nahrungsenergie aus *trans*-Fettsäuren auch die Gesamtsterblichkeit ansteigt (Kiage et al., 2013).

Eine exakte Abgrenzung zwischen *trans*-Fettsäuren natürlichen (rTFA) und industriellen (iTFA) Ursprungs ist schwierig, da die einzelnen TFA-Isomere sowohl in Wiederkäuer- als auch in Industriefetten vorkommen. Dennoch bestehen Unterschiede zwischen rTFA und iTFA. Die Mehrheit der prospektiven Kohortenstudien, in denen ein Vergleich zwischen iTFA- und

rTFA-Aufnahme auf das kardiovaskuläre Risiko (CVR) vorgenommen wurde, belegen, dass rTFA-Aufnahme keine Ursache für gesundheitsschädliche Effekte auf das kardiovaskuläre System darstellt (Willet et al., 1993; Ascherio et al., 1994; Pietinen et al., 1997). Erstmals wurde in 2012 bei den Frauen der norwegischen nationalen Kohorte eine positive Korrelation zwischen dem Verzehr an rTFA und dem Tod durch kardiovaskuläre Erkrankungen gefunden. Jedoch war der Effekt nicht eindeutig vom Verzehr an gesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren zu trennen und bedarf daher der Bestätigung.

Oomen et al. (2001) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen iTFA und rTFA bezüglich des CVR feststellen. Weggemans et al. (2004) kamen ebenfalls nach Analyse verschiedener Kohorten- und Fall-Kontroll-Studien zu dem Schluss, dass bis zu einem Verzehr von 2,5 g TFA pro Tag keine Unterschiede zwischen rTFA und iTFA bezüglich des CVR bestehen. Ab einer Menge von 3 g pro Tag wiesen die Autoren einen positiven Zusammenhang zwischen iTFA und dem CVR nach. Die Datenlage um Effekte von rTFA in der Höhe dieser Aufnahmemengen nachzuweisen, kritisierten die Autoren als unzureichend.

In Interventionsstudien, in denen mit rTFA-reichem Milchfett Analysen durchgeführt wurden, beobachteten die Autoren negative Effekte auf die Plasmalipoproteine (Wood et al., 1993; Judd et al., 1998; Tholstrup et al., 1998; Tholstrup et al., 2006; Tricon et al., 2006; Chardigny et al., 2008; Motard-Bélanger et al., 2008). Die Aufnahmemengen reichten ca. von 3 bis 6,8 g pro Tag bzw. 1,2 Energie % bis 3,6 Energie %. Eine quantitative Neuauswertung von 39 humanen Interventionsstudien mit *trans*-Fettsäuren (29 Studien mit industriellen TFA, 6 Studien mit ruminanten TFA und 17 Studien mit konjugierten Linolsäuren (CLA)) führt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass alle *trans*-Fettsäuren das Verhältnis von LDL-Cholesterin zu HDL-Cholesterin Dosis-abhängig erhöhen (Brouwer et al., 2010).

Die Aussage, dass rTFA kein Risiko für das kardiovaskuläre System darstellen, kann nur für Aufnahmemengen getroffen werden, die üblicherweise verzehrt werden.

Im Wesentlichen nehmen die meisten Menschen in Deutschland weniger als 1 % ihrer Nahrungsenergie als *trans*-Fettsäuren auf. Allerdings haben die Analysen der Lebensmittelüberwachung gezeigt, dass in den vergangenen 10 Jahren noch zahlreiche Lebensmittel (insbesondere verschiedenste Backwaren, frittierte Produkte und Fertiggerichte) mit relativ hohen TFA-Gehalten im Markt zu finden waren. Die *worst case*-Berechnungen des BfR zeigen, dass hohe TFA-Gehalte in Backwaren die TFA-Aufnahme in allen Altersgruppen erhöhen, während sich Minimierungsmaßnahmen in Pizza besonders positiv in den jüngeren Altersgruppen auswirken. Insgesamt ist aus den verschiedenen Szenarien ersichtlich, dass überhöhte TFA-Aufnahmemengen vor allem durch iTFA bedingt sind und durch die Qualität von Backwaren, frittierten Produkten und Fertiggerichten (vor allem Pizza) maßgeblich bestimmt werden. Unter Berücksichtigung der Minimierungsmaßnahmen in Pizza liegt gegenwärtig die mittlere TFA-Aufnahme in Deutschland bei 0,66 % der Nahrungsenergie und nur 10 % der Personen haben einen erhöhten TFA-Verzehr zwischen 1 und 2 % der Nahrungsenergie.

Die Ergebnisse des BfR werden durch eine Publikation von Stender et al. (2012) gestützt. Die Autoren hatten die Wirksamkeit der freiwilligen TFA-Minimierungsstrategien in Europa untersucht und mit dem Effekt der gesetzlichen Obergrenze für iTFA (2 % iTFA in der Fettfraktion von Lebensmitteln) in Dänemark verglichen. Dafür haben die Autoren in 6 europäischen Ländern (Deutschland, Frankreich, England, Ungarn, Polen und Tschechien) sowohl 2005 als auch 2009 über 100 Produkte aus TFA-relevanten Lebensmittelkategorien (Kekse, Waffeln, Backwaren, Fertiggerichte etc.) eingekauft und bezüglich ihres TFA-Gehaltes untersucht. Dabei wurden soweit möglich, in 2009 die gleichen Produkte von denselben Herstel-

lern gekauft, wie in 2005. Wenn das nicht möglich war, wurden vergleichbare Produkte erworben.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass 2005 zahlreiche Produkte aus allen 6 Ländern mehr als 2 % TFA in der Fettfraktion der Lebensmittel enthielten, wobei der Anteil der hochbelasteten Produkte in den osteuropäischen Ländern sehr viel höher war als in den westeuropäischen Ländern. In 2009 wurde dagegen in allen Produkten aus Deutschland, Frankreich und England weniger als 2 % TFA in der Fettfraktion der Lebensmittel gefunden, während sich in den Lebensmitteln, die in Ungarn, Polen und Tschechien gekauft wurden, der Anteil an TFA-hochbelasteten Produktionen zwar verringert hatte, aber insgesamt immer noch hoch war.

Die Autoren stellten fest, dass auch die Produkte von ein und demselben Hersteller in West- und Osteuropa mit unterschiedlichen TFA-Gehalten verkauft wurden. Sie zogen daraus den Schluss, dass freiwillige Minimierungsmaßnahmen nur dann funktionieren, wenn die Qualitätsanforderungen durch sozialen Druck begleitet werden.

Auf der Basis der aktuellen Abschätzung der TFA-Aufnahme in Deutschland schätzt das BfR eine mögliche Erhöhung des kardiovaskulären Risikos durch einen zu hohen Verzehr von *trans*-Fettsäuren in Deutschland in allen Altersgruppen gegenwärtig als gering ein.

4 Referenzen

Almendingen K, Jordal O, Kierulf P, Sandstad B, Pedersen JI (1995). Effects of partially hydrogenated fish oil, partially hydrogenated soybean oil, and butter on serum lipoproteins and Lp[a] in men. *J Lipid Res.* 36: 1370-1384.

Aro A, Amaral E, Kesteloot H, Rimestad A, Thamm M, van Poppel G (1998). Trans fatty acids in French fries, soups, and Snacks from 14 European countries: The TRANSFAIR study. *J Food Comp Anal.* 11: 170-177.

Ascherio A, Katan MB, Zock PL, Stampfer MJ, Willett WC (1999). Trans fatty acids and coronary heart disease. *N Engl J Med.* 340: 1994-1998.

Brouwer IA, Wanders AJ, Katan MB (2010). Effect of animal and industrial trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans – a quantitative review. *PLoS One.* 5: e9434.

Chardigny JM, Destailats F, Malpuech-Brugère C, Moulin J, Bauman DE, Lock AL, Barbano DM, Mensink RP, Bezelgues JB, Chaumont P, Combe N, Cristiani I, Joffre F, German JB, Dionisi F, Boirie Y, Sébédio JL (2008). Do trans fatty acids from industrially produced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular disease risk factors in healthy subjects? Results of the trans Fatty Acids Collaboration (TRANSFACT) study. *Am J Clin Nutr.* 87: 558-566.

Imamura F, Lemaitre RN, King IB, Song X, Lichtenstein AH, Matthan NR, Herrington DM, Siscovick DS, Mozaffarian D (2012). Novel circulating fatty acid patterns and risk of cardiovascular disease: the Cardiovascular Health Study. *Am J Clin Nutr.* 96: 1252-1261.

Jakobsen MU, Overvad K, Dyerberg J, Heitmann BL (2008). Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease. *Int J Epidemiol.* 37: 173-182.

Kiage JN, Merrill PD, Robinson CJ, Cao Y, Malik TA, Hundley BC, Lao P, Judd SE, Cushman M, Howard VJ, Kabagambe EK (2013). Intake of trans fat and all-cause mortality in the Reasons for Geographical and Racial Differences in Stroke (REGARDS) cohort. *Am J Clin Nutr.* 97: 1121-1128.

Motard-Bélanger A, Charest A, Grenier G, Paquin P, Chouinard Y, Lemieux S, Couture P, Lamarche B (2008). Study of the effect of trans fatty acids from ruminants on blood lipids and other risk factors for cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr.* 87: 593-599.

Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC (2006). Trans fatty acids and cardiovascular disease. *N Engl J Med.* 354: 1601-1613.

Oomen CM, Ocké MC, Feskens EJ, van Erp-Baart MA, Kok FJ, Kromhout D (2001). Association between trans fatty acid intake and 10-year risk of coronary heart disease in the Zutphen Elderly Study: a prospective population-based study. *Lancet.* 357: 746-751.

Pietinen P, Ascherio A, Korhonen P, Hartman AM, Willett WC, Albanes D, Virtamo J (1997). Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. The Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *Am J Epidemiol.* 145: 876-887.

Stender S, Astrup A, Dyerberg J (2012). A trans European Union difference in the decline in trans fatty acids in popular foods: a market basket investigation. *BMJ Open.* 2: PMC3467660.

Tholstrup T, Raff M, Basu S, Nonboe P, Sejrsen K, Straarup EM (2006). Effects of butter high in ruminant trans and monounsaturated fatty acids on lipoproteins, in incorporation of fatty acids into lipid classes, plasma C-reactive protein, oxidative stress, hemostatic variables and insulin in healthy young men. *Am J Clin Nutr.* 83: 237-243.

Tholstrup T, Sandström B, Hermansen JE, Hølmer G (1998). Effect of modified dairy fat on postprandial and fasting plasma lipids and lipoproteins in healthy young men. *Lipids.* 33: 11-21.

Tricon S, Burdge GC, Jones EL, Russell JJ, El-Khazen S, Moretti E, Hall WL, Gerry AB, Leake DS, Grimble RF, Williams CM, Calder PC, Yaqoob P (2006). Effects of dairy products naturally enriched with cis-9,trans-11 conjugated linoleic acid on the blood lipid profile in healthy middle-aged men. *Am J Clin Nutr.* 83: 744-753.

Weggemans RM, Rudrum M, Trautwein EA (2004). Intake of ruminant *versus* industrial *trans* fatty acids and risk of coronary heart disease - what is the evidence? *Eur J Lipid Sci Technol.* 106: 390-397.

WHO (2004). Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health. Resolution of the World Health Assembly. Fifty-seventh World Health Resolution of the World Health Assembly. WHA57.17. WHO: Geneva

Willett WC, Stampfer MJ, Manson JE, Colditz GA, Speizer FE, Rosner BA, Sampson LA, Hennekens CH (1993). Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet.* 341: 581-585.

Wood R, Kubena K, O'Brien B, Tseng S, Martin G (1993). Effect of butter, mono- and polyunsaturated fatty acid-enriched butter, trans fatty acid margarine, and zero trans fatty acid margarine on serum lipids and lipoproteins in healthy men. *J Lipid Res.* 34: 1-11.