

Ricinus communis - Wunderbaum und Giftpflanze

Enno Logemann

79111 Freiburg/Brsg., Speckbacherweg 3



Abb. 1. *Ricinus communis* L. aus [2]. Die gelben männlichen Blüten sitzen an derselben Rispe unterhalb der niedrigen weiblichen Blüten.

Der Rizinusstrauch (*Ricinus communis* L.) stammt ursprünglich aus dem Mittelmeerraum sowie aus Äthiopien und Indien. Inzwischen wird die attraktive Blütenpflanze auch in gemäßigten Klimazonen kultiviert [1-9]. In der Familie der Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae) gehört der Rizinusstrauch zu jenen Pflanzen, die keinen Milchsaft besitzen [5]. Rizinus ist mehrjährig, aber nicht kältefest. Schnellwachsend wird die Pflanze nach drei bis vier Monaten bis 6 Meter hoch; in tropischem Klima können nach mehreren Jahren 13 Meter Wuchshöhe erreicht werden [3].¹

Rizinus (Giftpflanze des Jahres 2018 [9]) ist einhäusig und getrenntgeschlechtlich: an der selben Pflanze befinden sich voneinander getrennt männliche und weibliche Blüten. Die Pflanze bildet 1,5 bis 2,5 cm große dreifachrige, kastanienähnlich stachelige Früchte, die drei 1 bis 2 cm lange, leicht abgeflachte Samen enthalten [5] (Abb. 1 und 3). Diese werden auch Castorbohnen (castor beans) genannt, sind aber botanisch keine Bohnen, da Rizinus nicht zu den Hülsenfrüchten gehört [10].

1. Rizinusöl

Rizinusöl (Ricini oleum) wird durch Pressen von Rizinussamen gewonnen, wobei Giftstoffe wie das wasserlösliche Ricin großteils im Presskuchen verbleiben.² Eine geringe Menge des hochtoxischen Ricins gelangt jedoch in das Öl und wird in einer Raffination bei 70 °C bis 80 °C zerstört. Rizinusöl hat einen schlechten („kratzenden“) Geschmack. Es reizt die Dünndarmschleimhaut und regt dadurch die Darmperistaltik an [1]. Hirndorf beschreibt diesen Effekt nach Aufnahme von einem Esslöffel Rizinusöl: „...nach 30 Sekunden musste ich flitzen...“ [1].

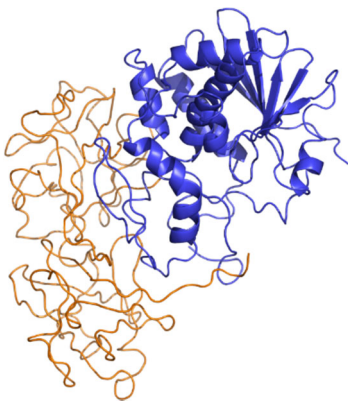
¹ Synonyme sind Wunderbaum, Hundsbäum, Läusebaum oder Christuspalme. Ricinus leitet sich von dem lateinischen Wort für Laus bzw. Ungeziefer ab, „da die Samen in ihrer Form an vollgesogene Zecken erinnern“ (*Ixodes ricinus*, der Gemeine Holzbock; zitiert nach [3,5]). Eventuell steckt in dem Wort „Christuspalme = palma Christi“ das lateinische Wort „palma = Hand(-fläche)“: die Blätter der Rizinuspflanze erreichen bis 1 Meter Durchmesser und erinnern an eine große Hand (symbolisch „die heilende Hand Jesu“) [5]. Im Matthäus-Evangelium (Mth 12,40) wird auf das Buch „Jona“ im Alten Testament verwiesen: „Da ließ Gott, der Herr, einen Rizinusstrauch über Jona emporwachsen, der seinem Kopf Schatten geben und seinen Ärger vertreiben sollte. Jona freute sich sehr über den Rizinusstrauch“ (Jona 4,6) [6].

² Der Presskuchen hat zwar einen hohen Eiweißgehalt, eignet sich aber wegen der darin enthaltenen Giftstoffe Ricin, Ricinin und Allergenen im Allgemeinen nicht zur Weiterverarbeitung, etwa als Viehfutter [11].

Rizinusöl war bereits bei den Pharaonen des alten Ägypten bekannt und findet auch heute noch in der Pharma- und Kosmetikindustrie, bei der Herstellung von Farben und Lacken sowie von Biodiesel eine vielfältige Anwendung. In der antiken Welt hatte Rizinusöl eine große wirtschaftliche Bedeutung als Brennstoff für Lampen, da es ein besonders helles Licht lieferte [5]. Rizinusöl und die Blätter und Wurzeln der Rizinuspflanze wurden in der alten indischen Medizin für Ayurveda- Behandlungen verwendet [4]. Im Jahr 2019 wurden weltweit ca. 2 Millionen Tonnen Rizinussaatgut produziert, davon etwa drei Viertel in Indien [4]. Rizinusöl enthält Ricinolsäure (Abb. 5 in Kapitel 4), eine hydroxylierte Ölsäure, die in anderen Ölpflanzen nicht vorkommt. Sie liegt im Rizinusöl zu 85 % bis 92 % in Form von Triglyceriden vor [12].

2. Ricin

Ricin (syn. Rizin) ist ein außerordentlich stark wirksames Gift [13-16]. Unter den pflanzlichen Giften gehört Ricin zu den Substanzen mit der höchsten Toxizität [13].



Ricin ist ein Glykoprotein mit einer Molmasse von 66 kDa und zwei über eine Disulfidbrücke verbundenen Polypeptidketten (A und B; Abb. 2). Kette B ist ein zuckerbindendes Lektin, das sich an Zelloberflächen heftet und den Eintritt des Toxins in die Zelle erleichtert. Kette A unterbricht die Proteinsynthese eukariotischer Zellen [13].

Ricin ist in allen Pflanzenteilen nachweisbar. Die höchsten Konzentrationen findet man in den Samen [13].

Abb. 2. Quaternärstruktur von Ricin aus [17] (unter der Lizenz Creative Commons Attribution 3.0 Unported).

Die Angaben zur letalen Dosis (Anzahl an Rizinussamen; Abb. 3) bei oraler Aufnahme differieren zwischen den Quellen zum Teil erheblich. Nach [14] liegt die letale Dosis für den Erwachsenen bei oraler Aufnahme bei 5 bis 20 Rizinussamen. Nach [13] soll die letale Ricindosis bei 1 mg/kg Körpermasse liegen, entsprechend etwa acht Samen; aber nach derselben Quelle soll auch schon ein einzelner Samen letale Wirkungen entfalten können. Subkutan können nach [17] schon 43 µg Ricin/kg Körpermasse letal sein.



Die Todesrate bei Ricinintoxikationen liegt nach [14] dennoch bei wenigen Prozent: „Hundreds of human exposures have been recorded, with a 2 % fatality rate for all cases and a 6 % fatality rate of symptomatic victims.“

Nach oraler Aufnahme von Rizinussamen zeigten die Ricinkonzentrationen in Serum und Urin eine große Schwankungsbreite [14]: So wurden in einem Fall offenbar suicidal Aufnahme von 30 Samen am Tag 1 der stationären Aufnahme im Serum 1,5 µg Ricin/L und am Tag 4 0,9 µg/L gemessen; im Urin war Ricin erst nach 3 Tagen mit 0,3 µg/L nachweisbar.

Abb. 3. Rizinussamen aus [3] (unter der Lizenz Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported).

In einem anderen Fall wurden 22 Stunden nach Aufnahme von 20 Rizinussamen 46 µg Ricin/L im Serum und 720 µg/L im Urin gemessen, wobei die Patientin nur geringe Vergiftungssymptome zeigte [14]. Siehe hierzu auch die Information in Fußnote 3.

Ricinkonzentrationen in einem ähnlichen Bereich wurden allerdings auch schon nach Aufnahme von „nur“ 6 Castorbohnen gefunden: 64 µg/L in Serum, 1470 µg/L im Urin; allerdings fehlen hier Angaben zur Zeitspanne zwischen der Samenaufnahme und der Probennahme (alle Daten in diesem Abschnitt aus [14], dort sind auch Daten zu weiteren Fällen zu finden).

Auch wenn das Kauen nur eines Rizinusamens eine für ein Kind tödliche Ricinmenge freisetzen kann, sind Todesfolge, ja selbst eine ernsthafte Vergiftung ungewöhnlich („*uncommon*“), möglicherweise, weil das Ricin im Gastrointestinaltrakt schlecht resorbiert wird und weil die unterstützende Behandlung effizient ist [18].

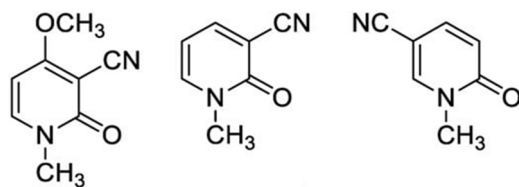
Ein Ricinantidot ist nicht bekannt [17]³. Nach Aufnahme von Rizinusamen sollte schnell Aktivkohle gegeben werden. Plasmaaustausch war in einigen pädiatrischen Fällen erfolgreich; allerdings wurden in diesen Fällen keine Ricinbestimmungen durchgeführt [18].

Das Robert Koch Institut RKI (Berlin) hat einen Ratgeber herausgegeben mit Hinweisen zur Labordiagnostik und Therapie von Ricinvergiftungen. Darin wird festgestellt: „*Therapieleitlinien zur Behandlung von Rizin-Intoxikationen erstellt durch eine wissenschaftliche Fachgesellschaft existieren nicht... Die Therapie nach Intoxikationen mit Rizin erfolgt in erster Linie symptomatisch*“ [20]. Kritisch ist die Tatsache „...*dass Ricin selbst nach Aufnahme im Körper schnell verstoffwechselt wird und daher nur ein enges Zeitfenster zur Verfügung steht*...“ [20].

Es ist sinnvoll, jede Aufnahme von Rizinusamen als potentiell gefährlich einzustufen!

3. Ricinin, Ricinidin und Nudiflorin

Ricinin hat im Gegensatz zu Ricin eine relativ einfache Molekülstruktur (Abb. 4). Sie gehört zu den Pyridinalkaloiden und ist mit einer 2-Hydroxypyridin-Struktur tautomer.



Ricinin

Ricinidin

Nudiflorin

Ricinin kommt, wie Ricin, in allen Pflanzenteilen von *Ricinus communis* vor (im Samen mit ca. 0,2 %), kann aber, anders als das Ricin, nicht durch Hitzeeinwirkung zerstört werden und so auch zu Todesfällen durch Leber- und Nierenschädigung führen [11].

Abb. 4. Strukturformeln von Ricinin, Ricinidin und Nudiflorin (nach [21]).

Eine sehr ähnliche niedermolekulare Molekülstruktur wie Ricinin haben auch die Verbindungen Ricinidin und Nudiflorin (Abb. 4). Bei den beiden Stellungsisomeren fehlt im Vergleich zum Ricinin die Methoxygruppe [21].

Auch diese Verbindungen wurden in *Ricinus communis* nachgewiesen, weiterhin in der Pflanze *Trewia nudiflora* L., die ebenfalls der Familie der Euphorbiengewächse zugeordnet wird [11]. *Trewia nudiflora* besitzt Wirkstoffe, die entzündungshemmend und antimikrobiell sind und bei Tuberkulose und Krebserkrankungen wirken. In Südasien, Bangladesch, Indien und China hat die Pflanze als „*folk medicine*“ deshalb ein hohes Ansehen [22,23].

³ Auf der Suche nach einem Gegengift für Ricin hat man festgestellt „*Ricin braucht einen Zucker, um zu töten*“. Offenbar spielt Fucose (Methylpentose), ein für die Zell-Zell-Kommunikation essentieller Zucker, hier eine wichtige Rolle: Ein Defekt auf den mit der tödlichen Wirkung von Ricin in Zusammenhang diskutierten Genen Fut9 und SLC35C1 führt offenbar zu einer Unempfindlichkeit gegenüber dem Giftstoff Ricin [19].

4. Labordiagnostik bei Verdacht auf Ricinvergiftung

Symptomatik. Nach [24] sind die Symptome einer Ricinintoxikation im Wesentlichen unabhängig von dem Expositionsweg. Ihre Schwere ist dosisabhängig. Sie treten im Allgemeinen 2 bis 6 Stunden nach oraler Aufnahme ein, mitunter auch erst nach 20 Stunden. Zu beobachten sind Bauchschmerzen, Erbrechen, Durchfall mit oder ohne Blut, Muskelschmerzen, Krämpfe in den Gliedern, Kreislaufkollaps, Atemnot und Dehydrierung. Muskelschmerzen und Kreislaufkollaps treten häufiger nach Ricininjektionen auf. Bei Ricininhalation (Aerosole als Kampfstoff, Terrorgift) sind auch Hautrötung und -schmerzen, Atemschwierigkeiten, Fieber, Husten, Übelkeit und Brustenge, evtl. heftiges Schwitzen und Lungenödem zu beobachten [24].

Klinisch-chemisches Basislabor. Im Blut (Serum) ist nach [24] ein Anstieg der Leukozytenzahl (Zeichen einer sog. Akute-Phase-Reaktion, Entzündung [25]), der Harnstoffkonzentration (Leber- und/oder Nierenschaden [25]) und der Aktivitäten von Alanin-Aminotransferase (ALT; Leberschädigung [25]) und Aspartat-Aminotransferase (AST; Leber- und Muskelschädigung [25]) zu beobachten; es liegen also keine spezifischen und richtungsweisenden Befunde vor!

Ricinbestimmung. Zur Ricinanalyse in Körperflüssigkeiten können enzym- oder radioimmunologische Verfahren verwendet werden [14-16,26]. Lateral Flow Assay-Schnelltests können „...die schnelle Einschätzung einer vorliegenden biologischen Gefahrenlage erleichtern“ [26], zum Beispiel auch durch den Nachweis von Ricin in Wasser, Getränken und Getreide [27].

Immunologische Tests liefern allerdings nur erste Hinweise auf eine Ricinintoxikation. Für den forensischen Beweis bedarf es selektiverer Analyseverfahren wie MALDI-TOF bzw. HPLC mit massenspektrometrischer Detektion (LC-MS/MS). Eine aktuelle Übersicht zu den Verfahren des Ricinnachweises incl. der erreichbaren Detektionsgrenzen (zumeist wenige ng/mL, auch pg/mL für MS-Techniken und für eine Polymerasekettenreaktions-Methode sogar fg/mL) gibt [24]. Eine relativ einfache LC-MS/MS-Applikation wird in [28] vorgestellt.

Da eine Ricinanalytik in forensischen Laboratorien gewöhnlich nicht etabliert ist, muss befürchtet werden, dass manche Ricinintoxikation nicht erkannt wird, wenn sich kein Hinweis aus dem Umfeld ergibt. Ricinanalysen bieten z. B. das Labor des Robert Koch Instituts (Berlin) bzw. das Zentrale Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr (München) an [16,26].

Nicht nur die eingeschränkte Verfügbarkeit von Ricin-Analysenmethoden für Probenmaterial vom Menschen erschweren den Nachweis einer Ricinintoxikation unter „Routinebedingungen“. Hierzu trägt auch der schnelle Abbau des Ricins „...mit dem damit verbundenen kurzen analytischen Zeitfenster von ca. 60 Stunden für eine zweifelsfreie Diagnostik (eigene noch unpublizierte Daten aus Vergiftungsfällen in Deutschland)...“ [16] bei.

Ricinbestimmung. Im Unterschied hierzu soll das oben vorgestellte Begleitalkaloid Ricinin in Körperflüssigkeiten vom Menschen relativ stabil sein [16]. Es wird deshalb als „Biomarker“ für den Nachweis einer Ricinintoxikation betrachtet. In der Literatur sind Verfahren mit LC-MS/MS, LC-IT-MS und LC-TOF-MS beschrieben, siehe zum Beispiel [29-32]. In einer Studie mit 989 Personen ohne Ricinexposition wurde in nur 1,2 % der Urinproben Ricinin detektiert, mit Konzentrationen zwischen 0,186 ng/mL und 4,15 ng/mL [32].

Ricinolsäure- und Ricininbestimmung. Swiner et al. [31] schlagen einen indirekten Ricinnachweis auf Feststoffen, z. B. auf Briefumschlägen, aber auch in Urin und Serum anhand des Nachweises von Ricinolsäure (Abb. 5) und Ricin vor. Sie gehen dabei davon aus, dass Ricinolsäure in deutlich höheren Konzentrationen in Rizinusöl vorkommt als Ricinin (s. a. Kap. 1):

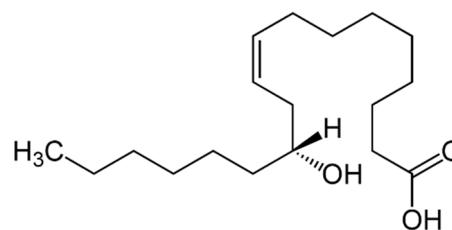


Abb. 5. Ricinolsäure aus [12].

„While ricinine naturally exists in a 1 : 5 ratio with ricin, ricinolein, the triglyceride form of ricinoleic acid, is the main (90 %) component of castor oil.“ [31]. Der Nachweis von Ricinin **und** Ricinolsäure wird deshalb von den Autoren als starker Hinweis für die Anwesenheit von Ricin in einer Probe bewertet. Im Unterschied zu den in [31] auch diskutierten aufwändigen und mehrere Stunden oder Tage dauernden Ricin-Bioaktivitätstests ist so ein Befund innerhalb von 2 Minuten („...time-to-answer: 2 minutes...“ [31]) und dies ohne aufwändige Probenvorbereitung sondern durch direkte Analyse eines zuvor lediglich in die biologische Probe getauchten Cellulosestreifens möglich.

Ricinidin und Nudiflorin. Die in Kapitel 3 diskutierten Rizinussamen-Inhaltsstoffe Ricinidin und Nudiflorin wurden offenbar noch nicht als Kenngrößen einer Ricinintoxikation untersucht; die Literaturrecherche hierzu war ergebnislos.

Therapie. Zu den sich gewöhnlich an der Symptomatik orientierenden therapeutischen Maßnahmen sowie zur Diskussion einer Behandlung mit Ricinantikörpern oder einem Anti-Ricin-Impfstoff siehe [24].

5. Ricin als Kampfstoff und Terrorgift

Die Schwierigkeit des Nachweises von Ricinintoxikationen illustriert auch das sog. „Regenschirmattentat“ vom 7. September 1978. Hier wurde vermutlich von einem Vertreter des bulgarischen Geheimdienstes ein Mordanschlag auf einen bulgarischen Schriftsteller verübt [15,33]. Die Umstände sprachen für einen Giftanschlag mit Ricin. Die Symptome wurden mglw. zu spät erkannt und das Gift nicht nachgewiesen. Das Opfer verstarb 4 Tage nach der Tat [33].

Als biologische Waffe ist Ricin in der Kriegswaffenliste des deutschen Kriegswaffenkontrollgesetzes aufgeführt [34] (s. a. das Chemiewaffen-Übereinkommen CWÜ und das Biowaffen-Übereinkommen BWÜ sowie die zugehörigen nationalen Durchführungsgesetze in [26]).

Der Handel mit Rizinussamen unterliegt zurzeit noch keinen gesetzlichen Beschränkungen. Experten fordern jedoch eine Meldepflicht bzw. ein Melderegister [35].

Straftäter, bei denen Ricin als angewandtes Gift eine Rolle spielt, müssen mit langjährigen Haftstrafen rechnen. An dieser Stelle sei auf einen Vorfall vom 12. Juni 2018 im Kölner Vorort Chorweiler hingewiesen: dort wurden von der Polizei in einer Wohnung ca. 1.000 toxische Einzeldosen Ricin sichergestellt, mit denen eine biologische Waffe gebaut und ein Gift-Terroranschlag durchgeführt werden sollte [36].

6. Rizinus als Allergen

Abschließend sei erwähnt, dass die Rizinuspflanze stark allergen wirkt und in der Ogren Plant Allergy Scale (OPALS) Allergieskala [37] 10 von 10 Punkten erhält [4]. Die Pflanze ist zudem ein starker Auslöser von Asthma [4], also auch aus dieser Sicht medizinisch und toxikologisch bedeutsam.

7. Literatur

- [1] Hirndorf S. Rizinus, der Wunderbaum der Bibel, Heilpflanze Gottes mit durchschlagender Wirkung auf Körper und Geist, <https://www.bibelgarten-twist.de/wp-content/uploads/2012/02/Rizinus.pdf>
- [2] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Ricinus_communis_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-257.jpg
- [3] Ricinus communis, https://de.wikipedia.org/wiki/Ricinus_communis

- [4] Rizinus, <https://en.wikipedia.org/wiki/Ricinus>
- [5] Buch C. Rizinus communis – Rizinus, Wunderbaum (Euphorbiaceae), Giftpflanze des Jahres 2018; Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 2019;10:217-223.
https://www.botanik-bochum.de/jahrbuch/Pflanzenportrait_Ricinus_communis.pdf
- [6] Heinrich Heine Universität Düsseldorf. Bibelpflanzen – vom alten Buch zur lebenden Pflanze. Rizinus, Wunderbaum (*Ricinus communis*) Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae),
https://www.hhu.de/fileadmin/redaktion/Botanischer_Garten/Austellungen/Daueraustellung/Rizinus.pdf
- [7] Roth L, Daunderer M, Kormann K. Giftpflanzen, Pflanzengifte. 6. Aufl., Nikol, Hamburg, 2012, 618-620.
- [8] Frohne D, Pfänder HJ. Giftpflanzen. 4. Aufl., Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1997, S. 184-187.
- [9] Weber T. Rizinus, die Giftpflanze des Jahres 2018. PTA Journal (18.01.2018),
<https://www.ptaheute.de/aktuelles/2018/01/16/rizinus-die-giftpflanze-des-jahres-2018>
- [10] <https://de.wikipedia.org/wiki/Hülsenfrucht>
- [11] <https://de.wikipedia.org/wiki/Ricinin>
- [12] <https://de.wikipedia.org/wiki/Ricinolsäure>
- [13] Ellenhorn MJ, Barceloux DG. Medical Toxicology, Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. Elsevier, New York - Amsterdam - London, 1988, S. 1223-1227.
- [14] Baselt RC. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Men. Twelfth Edition, Biomedical Publications, Foster City, California (USA), 2020, 1849-1850.
- [15] Musshoff F, Madea B. Ricin poisoning and forensic toxicology. Drug Test. Analysis 2009;1(4):184-191; Erratum Drug Test Anal. 2009;1(7):363-364.
- [16] Stern D, Skiba M, Kampa B, Worbs S, Dorner G. Anforderungen an Rizin-Nachweismethoden zur Detektion und Identifizierung aus Verdachtsproben. Toxichem Krimtech 85(3), 100-104 (2018).
- [17] <https://de.wikipedia.org/wiki/Rizin>
- [18] Nelson LS, Goldfrank LR. Plants: Proteins, Peptides, and Lectins: Ricin and Ricinlike, Pokeweed, Mistletoe, Hypoglycin, Lathyrins, and Microcystins. In: Nelson LS, Howland MA, Lewin NA, Smith SW, Goldfrank LR, Hoffmann RS (eds.). Goldfrank's Toxicologic Emergencies. 11th ed., Mc Graw Hill Education, New York etc., 2015, 1608-1609.
- [19] Taubenschmid J, Stadlmann J, Jost M et al. A vital sugar code for ricin toxicity. Cell Research 2017;27:1351-1364.
- [20] Robert Koch Institut (Berlin). Rizin-Ratgeber.
https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/R/Rizin/Rizin-Intoxikation_node.html
- [21] Naushad E. Naturally isolated pyridine compound having pharmaceutical applications. Phytochemistry 1970;9:1667-1668.
- [22] Ganguly SN. Isolation of ricinidine from plant source. Phytochemistry 1970;9:1667-1668.
- [23] Sultana R, Milon MMM, Kader MdA, Parvin S, Parvez GMM. Trewia nudiflora: A potential source of new drugs. The Journal of Phytopharmacology 2022;11(6):421-424.
- [24] Rasetti-Escargueil C, Avril A. Medical countermeasures against ricin intoxication. Toxins 2023;15:1001-1018 (doi.org/10.3390/toxins 15020100).
- [25] Gressner AM, Arndt T (Hrsg.). Lexikon der Medizinischen Laboratoriumsdiagnostik. Band 1-3, 3. Aufl., Springer, Heidelberg, 2019.
- [26] Weber M. Bedrohungspotential des Bio-Kampfstoffes Rizin. Toxichem Krimtech 2018;85(3):97-99.
- [27] Weber M, Schulz H. Immunological detection of ricin and castor seeds in beverages, food and consumer products. Toxichem Krimtech 2011;78(Special Issue):276-277.
- [28] Feldberg L, Elhanany E, Laskar O, Schuster O. Rapid, sensitive and reliable ricin identification in serum samples using LC-MS/MS. Toxins 2021;13:79 (doi.org/10.3390/toxins13020079).
- [29] Røen BT, Opstad AM, Haavind A, Tønsager J. Serial ricinine levels in serum and urine after ricin intoxication. J Anal Toxicol 2013;37:313-317.
- [30] Isenberg SL, Carter MD, Miller MA, Noras AI, Mojica MA et al. Quantification of ricinine and abrine in human plasma by HPLC-MS/MS; biomarkers of exposure to ricin and abrin. J Anal Toxicol 2018;42:630-636.
- [31] Swiner DJ, Durisek GR, Osaie H, Badu-Tawiah AK. A proof-of-concept, two-tiered approach for ricin detecting using ambient mass spectrometry. RSC Advances 2020;10:17045-17049.
- [32] Pittman TC, Guido JM, Hamelin E, Blake TA, Johnson RC. Analysis of a ricin biomarker, ricinine, in 989 individual human urine samples. J Anal Toxicol 2013;37:237-240.
- [33] <https://de.wikipedia.org/wiki/Regenschirmattentat>
- [34] BGBI I 1990, 2515-2519; Ausführungsgesetz zu Artikel 26 Abs. 2 des Grundgesetzes (Gesetz über die Kontrolle von Kriegswaffen) Anlage zu § 1 Abs. 1; Kriegswaffenliste,
<https://www.gesetze-im-internet.de/krwaffkontrg/BJNR004440961.html>
- [35] Experten fordern Rizin-Meldepflicht. Nur wenige Klicks zum tödlichen Gift. Ärztezeitung vom 28.06.2018,
<https://www.aerztezeitung.de/Politik/Nur-wenige-Klicks-zum-toedlichen-Gift-224744.html>
- [36] https://de.wikipedia.org/wiki/Rizinfund_in_Köln
- [37] https://en.wikipedia.org/wiki/Ogren_Plant_Allergy_Scale