

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

ABTEILUNG FÜR KLINISCHE TOXIKOLOGIE
KLINIK UND POLIKLINIK FÜR INNERE MEDIZIN II
KLINIKUM RECHTS DER ISAR
(LEITUNG: UNIV. PROF. DR. F. EYER)

***Einmalige Aktivkohlegabe zur Dekontamination bei Ingestion
potenziell toxischer Substanzen nach Empfehlung der
Giftdienstzentrale im Laienumfeld – eine prospektive Studie
zu Verfügbarkeit und Umsetzbarkeit***

SABRINA MONIKA SCHMOLL

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr. Florian Eyer
2. Prof. Dr. Dieter Saur

Die Dissertation wurde am 04.03.2020 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät am 02.12.2020 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1. Geschichte der Aktivkohle in der Medizin	6
1.2. Eigenschaften der Aktivkohle	7
1.3. Herstellungsprozess der Aktivkohle	9
1.4. Medizinische Anwendung von Aktivkohle	10
2. Fragestellung	13
3. Material und Methodik	16
3.1. Datenerhebung	19
3.1.1. Erstanruf	20
3.1.2. Zweitanruf - standardisiertes Interview	22
3.1.3. Datenverarbeitung	24
3.1.4. Datenschutz, Ethik und Interessenkonflikt	25
4. Ergebnisse	26
4.1.1. Alter und Geschlechtsverteilung der Patienten	26
4.1.2. Verteilung der Anrufer nach Postleitzahl	27
4.1.3. Giftstoffe	27
4.1.4. Ursachen für Ingestion potenziell toxischer Stoffe	29
4.1.5. Symptome bei Erstanruf	30
4.1.6. Häufigkeit der Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe – Ursachen für Nichtumsetzung	31

4.1.7. Gründe für nicht erfolgte Aktivkohlegabe	32
4.1.8. Darreichungsform der Aktivkohle	33
4.1.9. Herkunft der Aktivkohle	35
4.1.10. Ort der Aktivkohleverabreichung	36
4.1.11. Komplikationen.....	37
4.2. Untersuchung mehrerer möglicher Einflussgrößen.....	38
4.2.1. Wie häufig konnte Aktivkohle in Abhängigkeit von Patientenalter, Anrufer-Kategorie und Suspensionsmittel gegeben werden	38
4.2.2. Latenzzeit – Anruf bis Beginn der Kohlegabe in Abhängigkeit von der Anrufer-Kategorie.....	40
4.2.3. Latenzzeit – Anruf bis Beginn der Kohlegabe in Abhängigkeit vom Beschaffungsort der Aktivkohle	42
4.2.4. Applikationsmenge in Abhängigkeit von Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung, Beschaffungsort, Darreichung sowie der Applikationsart	44
4.2.5. Korrelation zwischen Vollständigkeit der Aktivkohlegabe und Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung sowie Darreichung und Applikationsart.....	49
4.2.6. Applikationsdauer in Abhängigkeit von Patientenalter, dem Suspensionsmittel und der Darreichung.....	53
4.2.7. Applikationsdauer in Abhängigkeit von der Applikationsart.....	55
4.2.8. Komplikationen in Abhängigkeit vom Ort der Aktivkohlegabe	55
4.2.9. Komplikationen in Abhängigkeit von der Darreichung der Aktivkohle	56

4.2.10. Komplikationen in Abhängigkeit von der Applikationsart	57
4.2.11. Potenzial zur Einsparung von Gesundheitskosten	57
5. Untersuchung zur prä- und außerklinischen Aktivkohlegabe mit Einschränkung auf Fälle mit möglicher Laienbehandlung	60
5.1.1. Alter und Geschlechtsverteilung der Patienten	61
5.1.2. Giftstoffe.....	62
5.1.3. Ursachen für Ingestion potenziell toxischer Stoffe	63
5.1.4. Symptome bei Erstanruf	64
5.1.5. Häufigkeit der Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe – Ursachen für Nichtumsetzung.....	64
5.1.6. Gründe für nicht erfolgte Aktivkohlegabe	65
5.1.7. Darreichungsform der Aktivkohle	66
5.1.8. Herkunft der Aktivkohle	66
5.1.9. Ort der Aktivkohleverabreichung	67
5.1.10. Komplikationen.....	67
5.2. Untersuchung möglicher Einflussgrößen im eingeschränkten Kollektiv	68
5.2.1. Wie häufig konnte Aktivkohle gegeben werden in Abhängigkeit von Patientenalter und Suspensionsmittel.....	69
5.2.2. Latenzzeit – Anruf bis Beginn der Kohlegabe in Abhängigkeit vom Applikationsort	70

5.2.3. Applikationsmenge in Abhängigkeit von Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung, Beschaffungsort sowie Darreichung	71
5.2.4. Korrelation zwischen Vollständigkeit der Aktivkohle und Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung, Beschaffungsort sowie Darreichung und Applikationsart.....	74
5.2.5. Applikationsdauer in Abhängigkeit von Patientenalter, Suspensionsmittel, der Darreichung sowie dem Applikationsort.....	78
5.2.6. Applikationsdauer in Abhängigkeit vom Vorliegen von Vergiftungssymptomen.....	80
5.2.7. Komplikationen in Abhängigkeit vom Ort der Aktivkohlegabe	81
6. Diskussion	82
6.1. Zur präklinischen Verfügbarkeit von Aktivkohle	82
6.2. Zur Zeitersparnis durch Applikation und Bevorratung im Laienumfeld	84
6.3. Häufigkeit von unerwünschten Wirkungen	87
6.4. Applikationsmenge.....	88
6.5. Zur Umsetzbarkeit und Applikationsbeginn < 60 Minuten nach Ingestion der potenziell toxischen Substanz.....	90
6.6. Zur Handhabbarkeit der Applikation durch den Laien	92
6.7. Potenzial zur Einsparung von Gesundheitskosten durch präventive Kohlebevorratung und Beratung durch die Giftinformationszentrale	93
7. Limitationen	94
8. Zusammenfassung.....	95

9. Danksagung	97
I Literaturverzeichnis.....	98
II Abbildungsverzeichnis	102
III Tabellenverzeichnis.....	104
IV Abkürzungsverzeichnis	107

1. Einleitung

1.1. Geschichte der Aktivkohle in der Medizin

Die Verwendung von Holzkohle für medizinische Zwecke geht historisch weit zurück, in einem ägyptischen Papyrus von 1550 v. Chr. sind verschiedene Arten von Holzkohle für den medizinischen Gebrauch spezifiziert. In den folgenden Jahrhunderten glaubten die als Ärzte Praktizierenden an die heilenden Eigenschaften und therapeutischen Werte der Holzkohle. Zurzeit von Hippokrates (400 v. Chr.) und Pliny (50 n. Chr.) wurde Holzkohle zur Therapie von Epilepsie, Schwindel, Chlorose und Anthrax verwendet. (Cooney, 1995b)

Gemäß Holt und Holz (1963) wurden erste systematische Studien über Holzkohle als Antidot in Frankreich Anfang des 19. Jahrhunderts durchgeführt. Der Chemiker Bertrand untersuchte um 1811 Arsenvergiftungen bei Tieren und beobachtete, dass Holzkohle zur Vermeidung der Toxizität wirksam war. Überlieferungen zur Folge demonstrierte er 1813 öffentlich die Wirksamkeit durch Schlucken von 5g toxischem Arsen-(III)-oxid und Kohle. (Cooney, 1995b; Neuvonen& Olkkola, 1988)

Garrod (1846) berichtete von einigen umfangreichen frühen Studien, die er in England mit Strychnin und anderen Giften an Hunden, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen durchführte. Er untersuchte sorgfältig die Wirksamkeit von Holzkohle in Bezug auf die Noxenmenge, die verabreichte Kohlemenge sowie die Zeitspanne zwischen Gifteinnahme und Kohlegabe. Garrod fand die Wirksamkeit der Kohle nicht nur gegen Strychnin sondern auch gegen Opium, Morphinum, Aconitin, Ipecac, Veratrum, Elaterium, Stramonium, Cantharidin, Rittersporn, Schierling und

mineralischen Giften (z. B. Quecksilber-(II)-oxid, Silbernitrat und ihren Salzen). (Cooney, 1995b)

Nach Jahrhunderten der Anwendung und kontroverser Diskussionen verdanken wir es der Erforschung des Wirkmechanismus und der Präzisierung des Herstellungsprozesses, dass Aktivkohle (AK) heute in der Liste der unentbehrlichen Arzneimittel der WHO geführt wird (World Health Organisation, 2019).

1.2. Eigenschaften der Aktivkohle

AK besteht überwiegend aus Kohlenstoff mit hochporöser Struktur und schwammartig verbundenen Poren. Die wahrscheinlich bedeutendsten Eigenschaften der AK beruhen auf ihrer inneren Oberfläche, von deren Fläche direkt die Adsorptionskapazität abhängt, sowie der Porengröße, die für den Eintritt der Moleküle entscheidend ist. Die innere Oberfläche der schwammartigen Aktivkohlepartikel beträgt ein Vielfaches ihrer Äußeren und liegt für Medizinalkohle bei über 2.000 m²/g, mit einem mittleren Porendurchmesser von circa 20Å, wodurch Moleküle mit < 800 Dalton leicht eintreten können. Die Kinetik der Adsorption wird zudem von der Korngröße der Aktivkohlepartikel beeinflusst. Die Diffusionsgeschwindigkeit ist umso größer, je kleiner die Partikel sind. Bei 40 µm großen Partikeln ist die Adsorptionsgeschwindigkeit 400-mal größer als bei 800 µm großen Partikeln. Hieraus lässt sich die Überlegung ableiten, dass AK als Granulat gegenüber Festen, zu zerkleinernden Kompressen zu bevorzugen sein könnte. (Zilker et al., 1999)

Die Bindungskapazität der AK für einzelne Gifte ist unterschiedlich. Anorganische Stoffe wie Mineralsäuren, Laugen, Eisen- und Lithiumsalze werden schlecht

gebunden, wohingegen die meisten Arzneimittel sowie pflanzliche und tierische Gifte hervorragend gebunden werden, solange das Verhältnis AK zu Gift 10:1 übersteigt. (Zilker et al., 1999)

Die Adsorption gelöster Teilchen an die Grenzfläche der AK ist ein reversibler Vorgang, der dem Massenwirkungsgesetz folgt. Eine Erhöhung der Aktivkohledosis verringert den freien Anteil des Giftes. Umgekehrt kann durch Resorption des freien Giftes im Gastrointestinaltrakt das Gleichgewicht verschoben und dem Konzentrationsgradienten folgend wiederum Gift von der AK desorbiert werden. Verbliebe der Aktivkohlebolus im Darm, könnte das Gift allmählich desorbiert und schließlich resorbiert werden. In diesem Fall hätte AK nur einen resorptionsverzögernden Effekt. Aufgrund dieser Überlegung wurde schon früh vorgeschlagen, AK mit einem Laxans zu kombinieren. (Zilker et al., 1999)

Goldberg et al. konnte in einem in vivo Versuch mit neun gesunden Freiwilligen zeigen, dass die Kombination von wiederholter AK mit einem Laxans bei verzögert resorbiertem Theophyllin im Vergleich zur Verabreichung von alleiniger, repetitiver AK, die Theophyllin-Spiegel im Serum signifikant erniedrigt (Goldberg et al., 1987).

Trotz dieses vermeintlich positiven Effekts finden sich in der Literatur Untersuchungen, die ein erhöhtes Nebenwirkungspotenzial von Laxanzien beschreiben, sodass die Anwendung stets gegen die Nebenwirkungen abzuwägen ist und die generelle Verwendung z. T. in den internationalen Leitlinien zur Aktivkohleanwendung zur Behandlung von Vergiftungen sogar abgelehnt wird (Barceloux, 1997; Jones et al., 1987; Neuvonen & Olkkola, 1988).

1.3. Herstellungsprozess der Aktivkohle

Die Aufbereitung der AK findet in zwei Schritten statt, die als Karbonisierung und als Aktivierung bezeichnet werden (Cooney, 1995a).

Durch kontrollierte Pyrolyse kohlenstoffhaltiger Ausgangsstoffe wie Sägemehl, Torf oder Kokosnussschalen bei Temperaturen von 600-900 °C unter Ausschluss von Sauerstoff sowie durch Zugabe metallischer Chloride, gewinnt man das poröse Ausgangsmaterial. Ein Beispiel hierfür ist der europäische Herstellungsprozess, bei dem pulverisierter Torf oder Sägemehl mit einer konzentrierten Zink-Chlorid Lösung gemischt, getrocknet und in einem Ofen bei 600-700 °C karbonisiert wird. Das Zinksalz wird anschließend durch einen Reinigungsvorgang mit verdünnter Säure und Wasser entfernt. Wenn großporige Kohle gewünscht ist (z. B. zur Entfärbung von Zucker, in welche die Farbstoffteile als große Moleküle nur in große Poren eindringen können), ist der erste Schritt ausreichend. Die für medizinische Zwecke hergestellte AK wird einem zweiten Schritt der Oxidation zugeführt und somit „aktiviert“. (Burns, 2000; Cooney, 1995a; Olson, 2010)

Der Hauptwirkcharakter der AK wird im ersten Schritt durch die Größe der Poren festgelegt, im zweiten Schritt, der der Wirkergänzung dient, wird durch Verwendung von Dampf oder Sauerstoff (selten Kohlendioxid) sowie Erhitzen auf 600-900 °C die Oberflächenstruktur sowie die „innere Oberfläche“ verändert. Durch das Oxidationsgemisch wird die innere Oberfläche der Kohlegrundstruktur erodiert und eine größere und feinere Verbindung der Poren geschaffen, zudem werden die an der Oberfläche liegenden Atome durch Oxidation aktiviert und verleihen der Kohle eine unselektive Adsorptionsfähigkeit. (Burns, 2000; Cooney, 1995a)

Die Adsorptionsfähigkeit beruht auf schwachen intermolekularen Wechselwirkungen zwischen Kristallgitterstörungen und im Aktivierungsprozess eingebrachten funktionellen Gruppen in den Kohlepartikeln, sowie elektrophilen bzw. nukleophilen funktionellen Gruppen in Molekülen (Van-der-Waals Kräfte). Nicht-ionische, organische Stoffe werden effektiver gebunden als dissoziierte, anorganische Materialien. (Juurlink, 2016; Olson, 2010)

Die in vitro Adsorption von in Wasser suspendierter AK ist ein unspezifischer Prozess, der ein Gleichgewicht erreicht. Die Desorption von Giften ist womöglich auf die reversible Bindung der AK zurückzuführen. (Neuvonen& Olkkola, 1988)

Der Zusatz von Sorbitol, Konservierungsmitteln und Povidon kann sowohl die Effektivität einer AK-Suspension verändern als auch in der klinischen Anwendung die Nebenwirkungsrate erhöhen (Barceloux, 1997; Zilker et al., 1999).

1.4. Medizinische Anwendung von Aktivkohle

Die Gabe von medizinischer AK wird von nationalen und internationalen toxikologischen Fachgesellschaften zur Verhinderung der Resorption potenziell toxisch wirkender Stoffe nach deren Ingestion empfohlen (Chyka et al., 2005).

Voraussetzung hierfür ist, dass diese ausreichend an AK adsorbieren (Decker et al., 1968; F. Eyer et al., 2008; P. Eyer& Eyer, 2008; Zilker et al., 1999).

Empfohlen wird die Gabe von AK in zehnfachem Überschuss zur Noxe (10:1), bzw. in einer Einzeldosis von 0,5 - 1g/kg KG (maximal 50g), bis eine Stunde nach (vermutetem) Ingestionszeitpunkt - in Ausnahmefällen auch später (Chyka et al., 2005; Zilker et al., 1999).

Die einmalige Applikation von AK ist mit einem niedrigen Risiko für Komplikationen verbunden, sofern folgende Kontraindikationen Beachtung finden: verminderte Schutzreflexe, Obstruktionen des Gastrointestinaltraktes, Ingestion von Säuren oder Laugen mit Verätzungsfolge sowie Ingestion von nicht oder nur unzureichend an AK adsorbierbaren Substanzen (Chyka et al., 2005; Isbister & Kumar, 2011; Zilker et al., 1999).

Einige Studien zeigen mit zunehmender Latenz zwischen Ingestion und Kohlegabe eine Abnahme der von AK adsorbierter Toxinmenge. Erfolgt die Kohlegabe 5 Minuten nach Ingestion eines Toxins, werden davon ca. 85% adsorbiert, nach 30 Minuten noch 40% - 75%, nach 60 Minuten sinkt die Adsorptionsrate auf 20% - 60% und nach 120 Minuten beträgt die Adsorption noch 0% - 40%. (Bond, 2002; Green et al., 2001; Isbister & Kumar, 2011; Jurgens et al., 2009)

Daraus folgt, dass AK so früh wie möglich nach Toxingestion gegeben werden sollte, d. h. auch präklinisch noch vor Erreichen professioneller medizinischer Hilfe, idealerweise direkt am Ingestionsort, beispielsweise im Haushalt, Kindergarten oder der Schule (Greene et al., 2005; Pfab et al., 2017).

Eine möglichst breite prophylaktische Bevorratung von AK in der Bevölkerung scheint daher sinnvoll. Andere Orte mit verlässlicher Verfügbarkeit der AK, allerdings zeitverzögerter Anwendung sind neben dem Rettungsdienst oder dem Krankenhaus vor allem Apotheken und Arztpraxen.

In den industrialisierten Ländern, zunehmend aber auch in den Zweit- und Drittländern, beraten öffentlich finanzierte Giftinformationszentren (GIZen) mittels Fachpersonal telefonisch bei Vergiftungsfällen. In Deutschland gibt es 8 GIZen, die jährlich knapp 250.000 Fälle beraten (Desel et al., 2017). Für die Versorgung Bayerns und angrenzender Regionen ist die Giftinformationszentrale (GIZ) München, als vom

Freistaat Bayern benannte Institution und Bestandteil der Abteilung für klinische Toxikologie, verantwortlich. Im Jahr 2016 erreichten die GIZ München ca. 36.000 Anfragen zu etwa 42.000 Giftstoffen. Die überwiegende Zahl der Anfragen stammte aus Bayern, aber auch aus anderen Bundesländern und dem Ausland. Die häufigsten Noxen waren pharmazeutische Produkte, gefolgt von Reinigungsmitteln, Pflanzen und Pilzen sowie Kosmetika und Chemikalien. In Bayern erfolgten die Anrufe in 70% von nicht medizinisch geschulten Personen („Laien“), in 18% durch Klinikärzte sowie in sechs Prozent von Rettungsdiensten und in fünf Prozent von niedergelassenen Ärzten. (Giftdatenbank München, 2016)

Der beratende Arzt der GIZ gibt Empfehlungen hinsichtlich der zu erwartenden maximalen Schwere der Vergiftung und daraus folgend - unter Berücksichtigung der Begleitumstände - Empfehlungen zur Therapie. Dies beinhaltet auch die Entscheidung über die Notwendigkeit einer Krankenhausbehandlung, einer Arztvorstellung oder einer Behandlung und Beobachtung durch nicht medizinisch geschulte „Laien“ (z. B. Eltern). Hierfür werden folgende Informationen erhoben:

- Identifizierung der Noxe
- Toxizität der Noxe
- Ingestierte Menge der Noxe
- Intention der Einnahme
- Alter des Patienten
- Körpergewicht des Patienten
- Vorerkrankungen des Patienten
- Zeitpunkt der Ingestion
- Vorliegen von Symptomen

Nach Einschätzung der GIZen können bei minderschweren Fällen, wenn eine Behandlung und Beobachtung durch nicht medizinisch geschulte „Laien“ ausreichend erscheint, mit einer rechtzeitigen Beratung unnötige Arztvorstellungen und damit Kosten eingespart werden (Chafee-Bahamon& Lovejoy, 1983; Galvao et al., 2012; Miller& Lestina, 1997).

In den USA konnten dadurch im Jahr 2007 im Mittelwert 33 Mio. US-Dollar eingespart werden (LoVecchio et al., 2008). Für Deutschland wird die eingesparte Summe pro Jahr auf mindestens 10 Mio. Euro geschätzt (Desel et al., 2017). Das erzielbare Einsparpotenzial ist aber deutlich größer.

Entsprechend den Leitlinien empfehlen GIZen die Gabe von AK, wie häufig diese umgesetzt wird ist allerdings unbekannt, zudem ist nicht bekannt, ob bei Nichtumsetzung strukturelle und vermeidbare Hindernisse die Ursache sind. Die Nichtverfügbarkeit von AK kann für unnötige Krankenhaus- bzw. Arztkonsultationen verantwortlich sein, obwohl die Situation durch nicht medizinisches Personal beherrschbar gewesen wäre.

2. Fragestellung

Wie bereits dargestellt, kann eine rechtzeitige Gabe von AK die Resorption wesentlicher Mengen eines ingestierten Toxins verhindern, essenziell dabei ist die rasche Verabreichung. Der größte Zeitvorteil lässt sich erzielen, wenn bereits prophylaktisch bevorratete AK noch am Ingestionsort gegeben wird. Voraussetzung ist hierbei allerdings die prophylaktische Bevorratung.

Daher untersucht diese Arbeit in einer prospektiven Beobachtungsstudie zunächst drei Fragen:

- 1) a. Wie oft wurde die vom Giftnotruf ausgesprochene Empfehlung, AK zu verabreichen, umgesetzt (Durchführbarkeit)?
b. Welche Gründe liegen für Nichtgabe vor, gibt es Strukturprobleme bezüglich der Versorgung mit AK?
- 2) Durch prophylaktische Bevorratung von AK an Orten mit hohem Risiko der Ingestion von potenziell toxischen Substanzen und die Applikation durch medizinisch nicht geschulte Personen („Laien“) kann Zeit zwischen Ingestion und Beginn der Aktivkohlegabe gespart werden. Es gibt diesbezüglich bisher keine Daten für den süddeutschen Raum.

Als zweite Frage wurde daher untersucht:

- a. Wie oft AK tatsächlich an derartigen Orten (Haushalt, Kindergärten, Schulen, psychiatrische Kliniken usw.) prophylaktisch gelagert wird?
- b. Wie groß die Zeitersparnis zwischen Anruf und Beginn der Aktivkohlegabe durch prophylaktische Aktivkohlebevorratung ist?
- 3) Im Hinblick auf eventuelle Gefährdungen könnte die Empfehlung zur Aktivkohlegabe durch Laien kritisch hinterfragt werden. Diesbezüglich wurde als weiterführende Frage untersucht, wie häufig unerwünschte Effekte beobachtet wurden.

Während des Studienverlaufs zeigte sich, dass die gewonnenen Daten auch Aussagen zur Frage nach eventuellen Nebenwirkungen und somit der „Qualität“ der Aktivkohleapplikation durch medizinisch nicht geschulte „Laien“ im Vergleich mit der durch medizinisch geschultes Personal erlauben.

Weiterer Untersuchungsgegenstand war damit:

4) Der Vergleich der „Qualität“ der Aktivkohlegabe durch „Laien“ mit der Aktivkohlegabe durch medizinisch geschultes Personal. Aus Mangel an vergleichbaren Voruntersuchungen definierten wir folgende

Qualitätskriterien:

- Die Vollständigkeit der applizierten Menge AK in Relation zur empfohlenen Menge
- Die Dauer der Applikation
- Die Häufigkeit von unerwünschten Wirkungen

Als mögliche konkurrierende Einflussgrößen wurden hierbei untersucht:

- Das Alter der Patienten
- Die Applikationsform der Kohle (Pulver/Kompresse)
- Die applizierende Person (Laie/medizinisch geschult?)¹

¹ Da die Frage nach der „Qualität“ der Aktivkohleapplikation erst nach Initiierung der Studie untersucht wurde und im Studienprotokoll die Frage nach der Person, die letztlich die Kohle appliziert hatte, nicht vorgesehen war, wurde bei der Untersuchung der Qualität als Ersatz für die applizierende Person, der Ort, an dem Aktivkohle appliziert wurde, verwendet (siehe Methodenteil)

3. Material und Methodik

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine monozentrische, prospektive Beobachtungsstudie. Teile der Studie wurden bereits vor Fertigstellung der Dissertation veröffentlicht, in den entsprechenden Kapiteln wird darauf hingewiesen.

Für den Zeitraum vom 22.02.2013 bis 27.07.2014 wurden im GIZ München Anrufe mit Empfehlung zur AK-Gabe, nach Einverständnis des Anrufers, ein bis zwei Tage nach Erstanruf mit einem standardisierten Telefoninterview nachverfolgt.

In die Untersuchung eingeschlossen wurden alle Anrufe, für deren Behandlung eine Aktivkohlegabe empfohlen wurde und deren Anrufer sich nach Aufklärung zur Beantwortung der Fragen in einem Telefoninterview und zur Teilnahme an der Studie bereit erklärt hatten.

In der Erstberatung wurde jede Anfrage unbeeinflusst von der Studie beraten. Am Ende des Beratungsgesprächs wurde um Einverständnis zur Studienteilnahme gebeten und die Kontaktdaten für das Follow-up Interview aufgenommen.

Im Beratungsgespräch beurteilt der beratende Arzt der GIZ das Gefährdungspotenzial der aktuellen Situation und gibt Empfehlungen hinsichtlich Allokation der Patienten (=Klinik/Arztvorstellung/Behandlung und Observation durch Laien (meistens Angehörige)), Ausmaß des Überwachungsbedarfs und Empfehlungen zu eventueller Therapie. Die Beratung zur Therapie betrifft auch die Dekontamination mittels AK.

Hinsichtlich der Aktivkohlegabe wurde entsprechend den Leitlinien der nationalen und internationalen Fachgesellschaften für klinische Toxikologie beraten (Chyka et al., 2005). Diese empfehlen die Gabe von AK nach Ingestion potenziell toxischer Substanzen, vorausgesetzt das potenzielle Toxin bindet an AK und es liegen keine

Kontraindikationen vor (Siehe 1.4.). Die Aktivkohlegabe wird empfohlen, solange die Ingestion nicht länger als eine Stunde zurückliegt. Ein Nutzen bei späterer Gabe wird nur in speziellen Fällen angenommen (Christophersen et al., 2002; Jones et al., 1987). Beratungspraxis in der GIZ München ist, die Aktivkohlegabe innerhalb der ersten 60 Minuten nach Ingestion der Noxe zu empfehlen (Zellner et al., 2019). Empfohlen wird die AK in einer Flüssigkeit, z. B. Wasser suspendiert zu geben, eine Vermengung mit Brei für Babys und Kleinkinder wird nicht empfohlen.

Bei der Auswertung zeigte sich, dass vonseiten der Anrufer bzw. Behandler unabhängig von der erfolgten Beratung gelegentlich auch bei Latenzzeiten > 60 Minuten AK gegeben wurde. Für die Untersuchung der oben genannten Fragestellungen ist die 60 Minuten Grenze zwar nicht relevant, eventueller Kritik vorbeugend werden in dieser Dissertation zwei Kollektive mit gleicher Fragestellung untersucht:

1) alle Anrufe einschließend

2) ein kleineres Subkollektiv, bei dem alle folgenden Einschränkungen zutreffen: Zeit zwischen Ingestion und Anruf < 60 Minuten, Anrufer ist Laie, Toxin und Begleitumstände erlauben eine Laienbehandlung und der Ort der Ingestion ist zur Bevorratung von AK geeignet. Dieser Teil der Arbeit wurde bereits veröffentlicht (Pfab et al., 2017).

Wurde die Indikation zur Aktivkohlegabe gestellt, wurde geraten, diese angepasst an das Körpergewicht der betroffenen Person mit 0,5 - 1g/kg KG Körpergewicht (max. 50g) bzw. im Überschuss-Verhältnis AK zu Noxe 10:1 zu verabreichen (Chyka et al., 2005; Zilker et al., 1999).

In Deutschland ist medizinische AK als Pulver oder in Tablettenform („Komprettchen“) erhältlich. Während der Beratung wurde keine der beiden Konfektionsformen explizit empfohlen.

Dem Standardprozedere der Beratung durch die GIZ folgend, wurde eine stationäre Behandlung in allen Fällen empfohlen, in deren Zusammenschau der Begleitumstände und der medizinischen Vorgeschichte potenziell gesundheitsgefährdende Symptome im Verlauf möglich erschienen bzw. schon aufgetreten waren, sowie in Fällen mit selbstschädigender oder missbräuchlicher Absicht der Gifteinnahme. Handelte es sich bei der betroffenen Person um ein Kind, wurde auch bei Ingestion einer kleinen Toxinmenge potenziell gefährlicher Medikamente immer eine Arztvorstellung (ggf. nach Aktivkohleapplikation) empfohlen.

Eine Aktivkohlegabe und anschließende Beobachtung durch Laienhelfer (z. B. Angehörige) wurde empfohlen, wenn nach Einschätzung durch den beratenden Arzt, auch unter Berücksichtigung der Begleitumstände, keine gesundheitsgefährdenden Symptome zu erwarten waren.

Der Ort, an dem die Kohlegabe erfolgen sollte, wurde während des Telefonats mit den Anrufern bezüglich Verfügbarkeit und Erreichbarkeit eruiert. Ziel war für den Einzelfall die maximal mögliche Zeitersparnis zwischen Noxeningestion und Beginn der Aktivkohleapplikation zu erreichen. War eine Behandlung durch nicht medizinisch geschultes Personal („Laien“) als ausreichend eingeschätzt, wurde empfohlen, die AK auf dem schnellsten Weg zu beschaffen. War diese nicht häuslich bzw. direkt am Unfallort verfügbar, sollte AK am nächsterreichbaren Ort, an dem diese mit hoher Sicherheit erhältlich sein sollte, besorgt werden. Hierfür kam die nächste dienstbereite Apotheke, Arztpraxis oder Klinik in Betracht. Der Ort mit der raschesten Erreichbarkeit wurde empfohlen (meist Apotheke). Um die Zeitersparnis zu maximieren, wurde

zudem geraten, den Patienten gleich dorthin mitzunehmen und die AK vor Ort zu verabreichen.

War aufgrund der zu erwartenden Vergiftungssymptome eine ambulante ärztliche Vorstellung oder klinische Vorstellung notwendig, diese jedoch mit einer längeren Anreisezeit verbunden, wurde empfohlen, AK in der unter Umständen schneller zu erreichenden Apotheke zu besorgen und bereits während der Fahrt mit der Applikation zu beginnen.

Erfolgte der Anruf von medizinisch geschultem Personal (z. B. Rettungsdienst), wurde unter Berücksichtigung möglicher Kontraindikationen eine sofortige Verabreichung noch im Rettungswagen empfohlen, sofern dort verfügbar.

Als Lösemittel wurde dem Anrufer die Vermengung mit Wasser bzw. bei Kindern die Suspension in einem dunklen Saft empfohlen. Definitiv nicht empfohlen wurde die Vermengung der AK mit kohlenensäurehaltigen Getränken oder mit Brei.

3.1. Datenerhebung

Die Datenerhebung verlief in zwei Schritten, zunächst erfolgte der Erstanruf sowie die eigentliche Beratung, gefolgt von einem Follow-up Anruf anhand eines standardisierten Telefoninterviews, ein bis zwei Tage nach Erstanruf.

3.1.1. Erstanruf

Während des Erstanrufs wurden die beratungsrelevanten Daten des Anrufers aufgenommen und nach geschätzter (maximaler) Menge der ingestierten Substanz, Latenz (Zeit zwischen Ingestion und Anruf), Alter und Geschlecht sowie Körpergewicht des Patienten, Vorerkrankungen, Vormedikation, Intention der Einnahme und dem Auftreten von Symptomen gefragt.

Um einen Vergleich der Behandler-Gruppen zu ermöglichen, wurden die Anrufer in Kategorien eingeteilt (Tab. 3.1.1. 1).

Bereits vorliegende Vergiftungssymptome wurden erfasst und nach Organsystem kategorisiert (Tab. 3.1.1. 2).

Erfolgte der Anruf aus der Klinik oder von medizinischem, nicht klinischem Personal („Profi“), wurde angenommen, dass der Patient dort bereits vorstellig oder auf dem Weg dorthin war. Erfolgte der Anruf von „Laien“, wurde angenommen, dass sich der Patient in deren Obhut befand.

Tab. 3.1.1. 1: Einteilung der Anrufer in Kategorien

Anrufer Kategorie	Beispiel
<i>nicht medizinisches Personal = "Laien"</i>	<i>Eltern, Großeltern, Familienangehörige, Erzieher, Nachbar</i>
<i>medizinisches nicht in Klinik tätiges Personal = "medizinisch geschulte, ambulante Helfer", "Profis"</i>	<i>Arztpraxen, Rettungsdienstpersonal, Notärzte, Apotheken</i>
<i>klinisches Personal im stationären Bereich = "Klinik"</i>	<i>Ärzte, Pflegepersonal in Klinik</i>

Der Ingestionsort wurde dahingehend kategorisiert, ob er für eine präventive Lagerung von AK geeignet erschien oder nicht. Für geeignet wurden grundsätzlich angesehen: Haushalte, Pflegeeinrichtungen, Haftanstalten, psychiatrische Kliniken und Schulen. Als ungeeignet eingeschätzt wurden z. B. Restaurants, Geschäfte und öffentliche Verkehrsmittel.

Für die Therapieempfehlung und Empfehlung zur Allokation der Patienten wurden berücksichtigt: Die Art und die maximal eingenommene Menge des Giftstoffes sowie die individuellen Einflussfaktoren auf das zu erwartende Toxidrom, hierzu zählten:

- bereits vorliegende Vergiftungssymptome
- Latenzzeit von Ingestion bis Anruf in der GIZ
- Vorerkrankungen der Betroffenen
- Alter des Patienten

Mit Hinblick auf die Empfehlung zur Allokation der Patienten wurde zusätzlich nach der Ursache der Ingestion - akzidentiell oder selbstschädigend - gefragt.

Tab. 3.1.1. 2: Kategorie der Vergiftungssymptome

Kategorie	Vergiftungssymptome
<i>Gastrointestinale Symptome</i>	<i>Übelkeit, Erbrechen, Diarrhoe, Flatulenz, Bauchschmerzen</i>
<i>Herz-Kreislauf Symptome</i>	<i>Tachy-/Bradykardie, Asystolie, Hyper-/Hypotonie</i>
<i>Neurologische Symptome</i>	<i>Veränderung des Vigilanzzustandes, Somnolenz, Sopor, Koma, Erregungszustände</i>

Die Indikation zur Aktivkohlegabe wurde entsprechend den nationalen und internationalen Leitlinien der toxikologischen Fachgesellschaften gestellt (Chyka et al., 2005).

Anhand der erhobenen Informationen wurde eine Therapieempfehlung getroffen:

- Keine Therapie erforderlich
- Aktivkohle und anschließend häusliche Beobachtung ausreichend
- Aktivkohle und ambulante ärztliche Vorstellung indiziert
- Aktivkohle und Klinikbehandlung notwendig
- Sofortiger Transport in eine Klinik

Dem Anrufer wurde eine Aktivkohledosis (Empfehlungsdosis) - angepasst an das Körpergewicht des Patienten sowie die Menge der ingestierten Noxe - mitgeteilt.

Bei Verabreichung durch nicht medizinisches Personal „Laien“ und fehlender AK in der unmittelbaren Umgebung erfolgte die Empfehlung, diese auf dem individuell schnellsten Weg zu besorgen und vor Ort einzunehmen, beispielsweise in der nächsten Apotheke, durch Alarmierung des Rettungsdienstes oder durch Aufsuchen einer Klinikambulanz bzw. Arztpraxis.

Nach Beratung erfolgte eine Aufklärung über die Datenerhebung zu Studienzwecken sowie das Einholen des Einverständnisses für einen Folgeanruf.

3.1.2. Zweitanruf - standardisiertes Interview

Anhand eines standardisierten Telefoninterviews ein bis zwei Tage nach Erstanruf erfolgte die vollständige, anonymisierte Datenerhebung. Hierfür wurden die

Abfragedaten mittels Datum des Erstanrufs in eine Abfragemaske in Microsoft Access 2016 eingetragen.

Neben der Frage, ob die Aktivkohlegabe nach Empfehlung begonnen wurde, wurden auch Gründe für ein Unterlassen der Applikation abgefragt.

Wurde die Applikation begonnen, wurde vom Anrufer geschätzt, wie viel der empfohlenen Kohlemenge appliziert werden konnte. Die Empfehlung wurde hierfür mit 100 Prozent gleichgesetzt, die verabreichte Menge wurde als Prozent von der Empfehlung geschätzt. Eine vollständige Umsetzung der Empfehlung geht mit 100 Prozent einher. In manchen Fällen wurde mehr als die empfohlene Kohlemenge appliziert. Diese Fälle wurden in der Auswertung als 100% gewertet. Zudem erfolgte die Schätzung der Applikationsmenge in Gramm durch den Befragten.

Neben der Menge wurde auch die Beschaffungsdauer (Latenzzeit zwischen Anruf und Beginn der Kohlegabe) von den Anrufern in Minuten abgeschätzt und die Beschaffungsorte kategorisiert (Tab. 3.1.2. 1).

Als weitere zeitliche Größe wurde die Applikationsdauer vom Anrufer in Minuten abgeschätzt und die verwendete Darreichung der AK erfragt.

Tab. 3.1.2. 1: Beschaffungsort der Aktivkohle nach Kategorie

<i>Kategorie</i>	<i>Beschaffungsort der Aktivkohle</i>
<i>Klinik</i>	<i>Krankenhaus, Klinik</i>
<i>Rettung/Notarzt</i>	<i>Rettungsdienst, Notarzt</i>
<i>Zuhause</i>	<i>Zuhause, am Unfallort</i>
<i>Außerklinisch</i>	<i>Apotheke, Arztpraxis</i>

Auch das verwendete Suspensionsmittel wurde abgefragt. Für die statistische Auswertung wurden die verwendeten Mittel zur Suspension in Saft, Wasser, Brei, Limonade sowie „pur“ (ohne Vehikel) eingeteilt.

Die Orte der Aktivkohlegabe wurden nach Tab. 3.1.2. 2 kategorisiert.

Zur Beurteilung der „Qualität“ der Aktivkohlegabe wurden von den Interviewpartnern Schätzgrößen über Dauer der Aktivkohlegabe und Menge der applizierten AK in Gramm sowie das Auftreten und die Benennung unerwünschter Wirkungen erfragt.

Tab. 3.1.2. 2: Ort der Aktivkohlegabe nach Kategorie

<i>Kategorie</i>	<i>Ort der Aktivkohlegabe</i>
<i>Klinik</i>	<i>Krankenhaus, Klinik</i>
<i>Rettung/Notarzt</i>	<i>Rettungswagen</i>
<i>Zuhause</i>	<i>Zuhause, Urlaub, Freizeit, Kindergarten, Schule</i>
<i>Außerklinisch</i>	<i>Apotheke, Arztpraxis</i>

3.1.3. Datenverarbeitung

Die Datensammlung erfolgte anonymisiert mittels Abfragemaske und Übertragung dieser Informationen in Microsoft Access 2016.

Der genaue Abfragekatalog kann unter www.toxinfo.med.tum.de/inhalt/promotion eingesehen werden.

Die statistische Analyse erfolgte mithilfe der Software SPSS, Version 23 IBM Corp. Armonk, NY 2014, sowie Microsoft Excel 2016.

Die statistische Auswertung erfolgte durch Herrn Dr. Alexander Hapfelmeier sowie Herrn Armin Ott vom Institut für medizinische Informatik sowie Statistik und Epidemiologie am Klinikum rechts der Isar München. Mengen werden als Absolutwert (n) und Prozent (%) angegeben. Normalverteilte Daten werden als Mittelwert mit Standardabweichung und 95% Konfidenzintervall (KI) abgegeben, nicht-normalverteilte Daten als Median mit Interquartilsabstand (interquartile range = IQR) und 95% KI. Die Analyse erfolgte mittels logistischer und linearer Regression sowie Varianzanalyse (engl. *analysis of variance*, (ANOVA)). Normalverteilte Daten wurden mittels ungepaartem T-Test verglichen, nicht-normalverteilte Daten mit dem Mann Whitney U-Test oder exaktem Test nach Fisher. Das Chancenverhältnis ist als Odds ratio (OR) mit KI angegeben.

Als statistisch signifikant wurde $p < 0,05$ angenommen.

Aus Gründen der Übersicht wurden die angegebenen Werte gerundet.

3.1.4. Datenschutz, Ethik und Interessenkonflikt

Die Studie entspricht den gegenwärtigen Datenschutzrichtlinien und wurde durch die Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Technischen Universität bewilligt.

Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

4. Ergebnisse

4.1.1. Alter und Geschlechterverteilung der Patienten

Insgesamt konnten 548 Anrufe nach erfolgter Empfehlung nachverfolgt werden.

Die Altersverteilung der Patienten ist in Tab. 4.1. 1 dargestellt.

289 Anrufe betrafen Patienten im Alter von 0 - 17 Jahren, wobei Kleinkinder von 1 - 5 Jahren hiervon die größte Gruppe waren. Die Gruppe der Erwachsenen (18 - 65 Jahre) war mit 259 Patienten ungefähr gleich groß. Bei differenzierter Betrachtung zeigt sich, dass Anrufe - Kinder betreffend - am häufigsten von Laien erfolgten, während wegen Erwachsener vorwiegend Kliniken die GIZ konsultierten.

Tab. 4.1. 1: Häufigkeit [n] des Patientenalters [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]

Patientenalter [Kategorie]	Anrufer [Kategorie]			Gesamt (%)
	Klinik	Laie	Profi	
Säugling 0 - 1 Jahr	3	59	5	67 (12%)
Kleinkind 1 - 5 Jahre	19	139	14	172 (32%)
Schulkind 6 - 11 Jahre	1	32	0	33 (6%)
Jugendlich 12 - 17 Jahre	10	4	3	17 (3%)
Erwachsen 18 - 65 Jahre	157	48	26	231 (42%)
Senior > 65 Jahre	16	10	2	28 (5%)
Gesamt [n]	206	292	50	548 (100%)

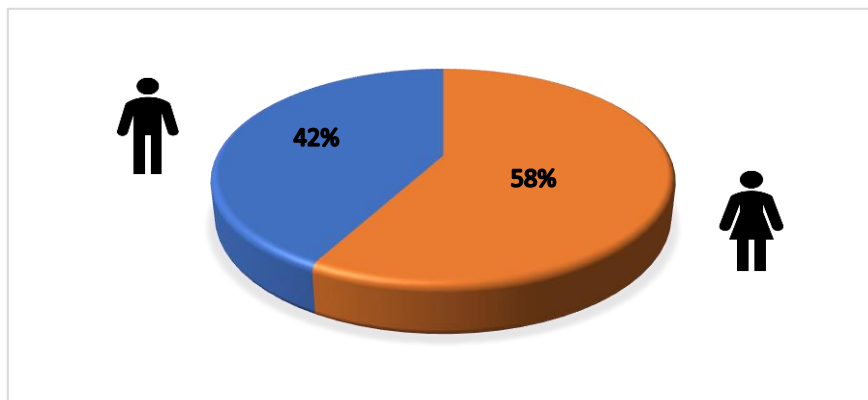


Abb. 4.1. 1: Kreisdiagramm: Geschlechterverteilung der Anrufer: 42% männlich, 58% weiblich

Abb. 4.1. 1 zeigt die Geschlechterverteilung mit überwiegen weiblicher Patienten (58%).

4.1.2. Verteilung der Anrufer nach Postleitzahl

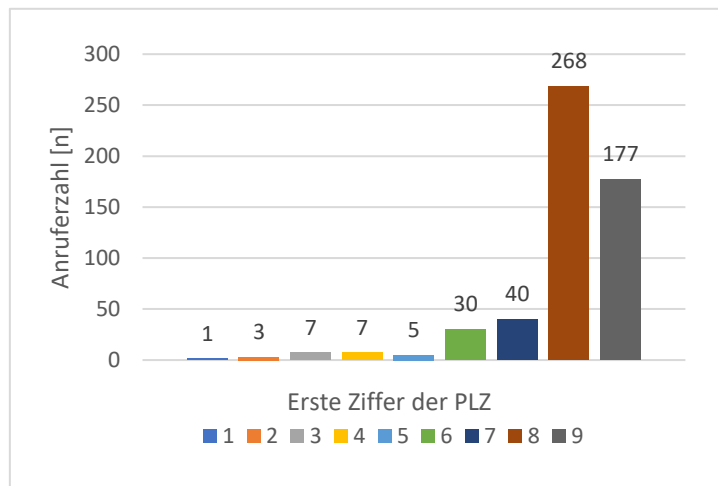


Abb. 4.1. 2: Balkendiagramm: Anrufer nach PLZ

Während des Beobachtungszeitraums wurden die Postleitzahlen (PLZ) der Anrufer abgefragt und eine Verteilung nach erster Ziffer der PLZ erstellt (Abb. 4.1. 2). 445 Anrufe erfolgten aus Bayern (PLZ 8 und 9), 93 aus dem Rest der Republik sowie 10 aus Österreich.

4.1.3. Giftstoffe

Die Giftstoffe wurden in Kategorien zusammengefasst, Pflanzen und Pilze bilden eine Gruppe.

Tab. 4.1. 3: Häufigkeit [n] der Noxen [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]

		Anrufer [Kategorie]			Gesamt (%)
		Klinik	Laie	Profi	
Noxe [n]	Chemische Stoffe	2	0	0	2 (0%)
	Rauschmittel	27	0	7	34 (5%)
	Kosmetika	0	1	0	1 (0%)
	Lebensmittel verdorben	0	12	1	13 (2%)
	Pharmazeutika	276	109	39	424 (60%)
	Tabakhaltige Produkte	14	35	5	54 (8%)
	Sonstiges	0	2	0	2 (0%)
	Agrochemikalien	5	9	0	14 (2%)
	Pflanzen/Pilze	16	135	11	162 (23%)
Gesamt [n]	340	303	63	706 (100%)	

Abb. 4.1. 3. zeigt die Verteilung der Noxen nach Kategorie, am häufigsten erfolgte die Ingestion von Pharmazeutika gefolgt von Pflanzen/Pilzen sowie tabakhaltigen Produkten und Rauschmitteln. Wurden mehr als drei potenziell toxische Substanzen konsumiert, wurden diese nach dem zu erwartenden Schweregrad der Vergiftung beurteilt und die drei schwerwiegendsten eingeschlossen.

Von insgesamt 548 Anrufen handelte es sich in 390 Fällen (71%) um Monoingestionen, d. h. um Ingestionen nur einer Noxe, in 110 Fällen (20%) waren die Patienten zwei Noxen und in 48 Fällen (9%) drei Noxen ausgesetzt.

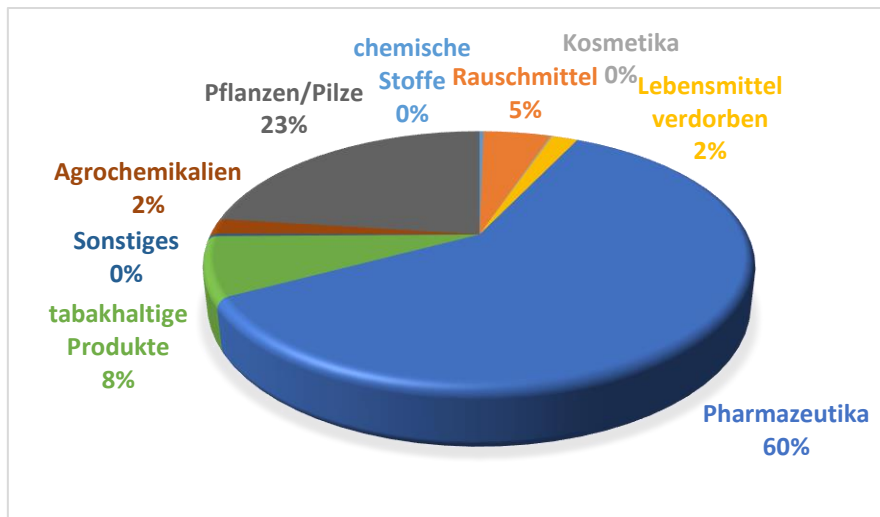


Abb. 4.1. 3: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Noxen [Kategorie] in Prozent [%]

4.1.4. Ursachen für Ingestion potenziell toxischer Stoffe

In 65% (354 Fällen) erfolgte die Ingestion akzidentiell, in 32% (176 Fällen) in selbstschädigender sowie in zwei Prozent (12 Fällen) in unbekannter Ursache und in einem Prozent (6 Fällen) im Rahmen eines Abusus. In einem Fall erfolgte die Ingestion im Rahmen eines medizinischen Unfalls (Abb. 4.1. 4).

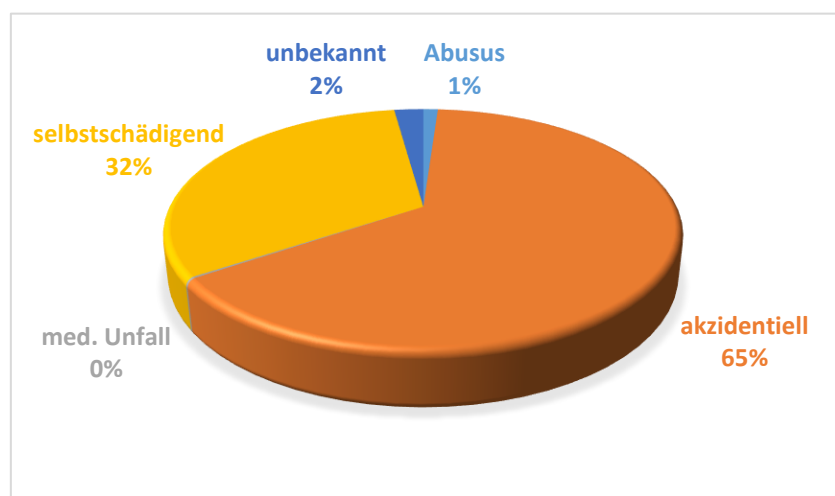


Abb. 4.1. 4: Kreisdiagramm: Intention der Noxen-Ingestion in Prozent [%]

4.1.5. Symptome bei Erstanruf

Während des Erstanrufs wurde nach bereits vorliegenden und für die eingenommene Noxe typischen Vergiftungssymptomen gefragt. Abb. 4.1. 5 gibt einen Überblick über die aufgetretenen Symptome und deren Häufigkeit.

Insgesamt gaben 200/548 (37%) Anrufer bei Erstanruf an, der Betroffene würde an Vergiftungssymptomen leiden. Am häufigsten wurde von Vigilanzstörungen (43%) sowie von gastrointestinalen Symptomen (29%) berichtet.

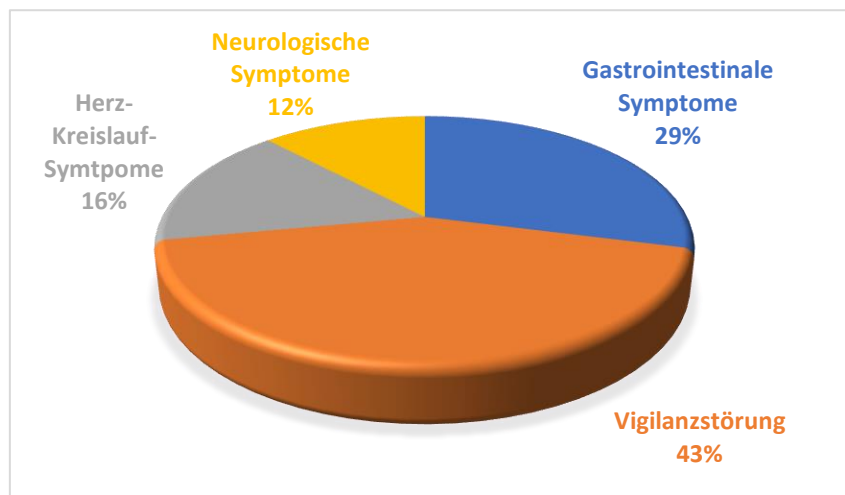


Abb. 4.1. 5: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Vergiftungssymptome in Prozent [%]

Tab. 4.1. 5: Vergiftungssymptome [Symptome/keine Symptome] nach Anrufer [Kategorie]

		Anrufer [Kategorie]			Gesamt (%)
		[n]			
		Klinik	Laie	Profi	
Vergiftungssymptome	Keine Symptome	78	243	27	348 (63%)
	Symptome	128	49	23	200 (37%)
Gesamt [n] (%)		206 (38%)	292 (53%)	50 (9%)	548 (100%)

4.1.6. Häufigkeit der Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe – Ursachen für Nichtumsetzung

Im oben genannten Zeitraum von Februar 2013 bis Juli 2014 konnten anhand des standardisierten Telefoninterviews 548 Fälle mit zuvor erfolgter Empfehlung zur Aktivkohlegabe mittels Zweitanruf nachverfolgt werden. Hiervon konnten 292 Anrufe der Kategorie „Laie“ sowie 50 Anrufe der Kategorie „Profi“ und 206 Anrufe der Kategorie „Klinik“ zugeordnet werden.

Die Empfehlung zur Aktivkohlegabe wurde von 63% (182/292 Anrufen) der Laien sowie von 42% (21/50 Anrufen) der Profis und von 77% (158/206 Anrufen) der Kliniken umgesetzt.

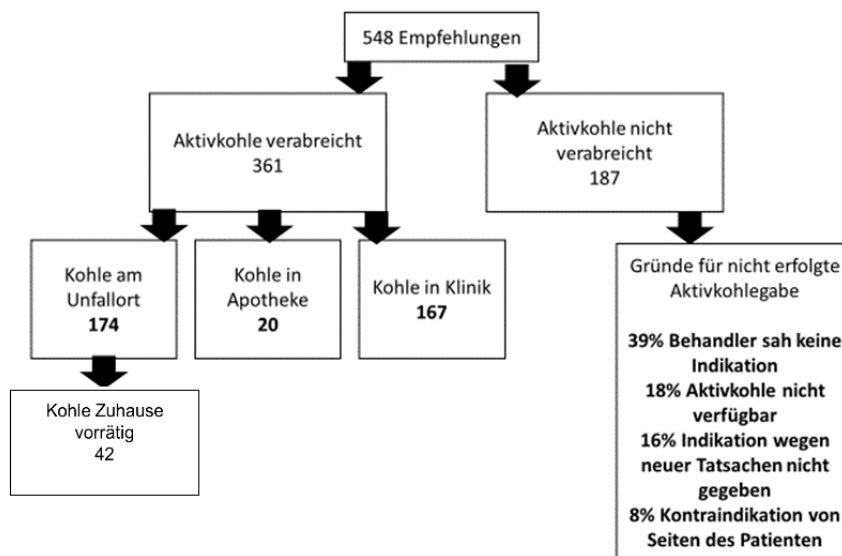


Abb. 4.1.6. 1: Grafik: Häufigkeit der Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe und Gründe für Nichtumsetzung

Von 361 (66%) Anrufern wurde eine Aktivkohleapplikation begonnen, die Vollständigkeit nicht vorausgesetzt (Abb. 4.1.6. 1). Hiervon erfolgte in 174 Fällen die Applikation direkt am Unfallort. 42 Anrufer hatten die AK zur Applikation bereits zu

Hause, in 20 Fällen wurde AK in der Apotheke sowie in 167 Fällen in der Klinik verabreicht.

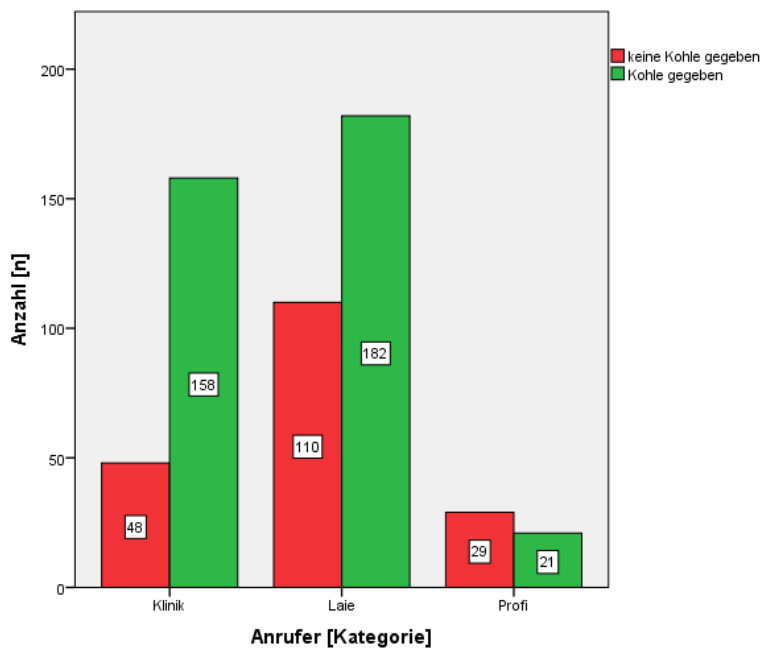


Abb. 4.1.6. 2: Balkendiagramm: erfolgte Aktivkohleapplikation [Kohle gegeben/keine Kohle gegeben] nach Anrufer [Kategorie]

4.1.7. Gründe für nicht erfolgte Aktivkohlegabe

Abb. 4.1. 7 zeigt mittels Kreisdiagramm die Gründe für nicht erfolgte Aktivkohlegabe. Mit 39% unterblieb die Aktivkohlegabe am häufigsten aufgrund fehlender Indikationsstellung durch den Laien, gefolgt von fehlender Verfügbarkeit in 18%. In 16% unterblieb die Applikation aufgrund von „neuen Tatsachen“, hiermit wurde z. B. das Auffinden der vermeintlich geschluckten Tablette beschrieben.

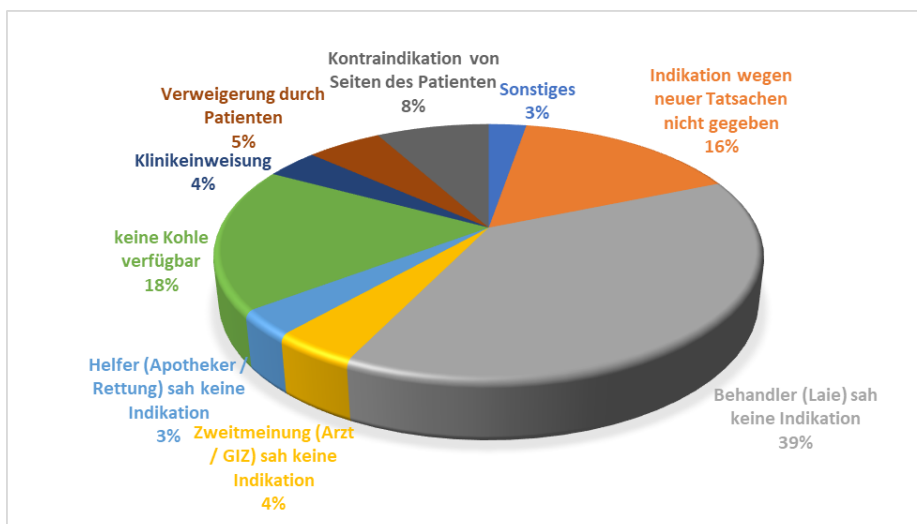


Abb. 4.1. 7: Kreisdiagramm: Gründe für nicht erfolgte Kohlegabe in Prozent [%]

Tab. 4.1. 7: Häufigkeit [n] und Gründe für Nichtgabe nach Anrufer [Kategorie]

Nichtgabe Gründe	Anrufer-[Kategorie]			Gesamt (%)
	Klinik	Laie	Profi	
Sonstiges (nicht klassifizierbar)	3	1	1	5 (1%)
Indikation wegen neuer Tatsachen nicht gegeben	8	22	0	30 (6%)
Behandler (Laie) sah keine Indikation	19	50	3	72 (13%)
Zweitmeinung (Arzt / GIZ) sah keine Indikation	1	5	2	8 (1%)
Helfer (Apotheker / Rettung) sah keine Indikation	0	6	0	6 (1%)
keine Kohle verfügbar	0	16	18	34 (6%)
Klinikeinweisung	0	4	3	7 (1%)
Verweigerung durch Patienten	6	3	1	10 (2%)
Kontraindikation v Seiten des Patienten	11	3	1	15 (3%)
Kohle gegeben	158	182	21	361 (66%)
Gesamt [n]	206	292	50	548 (100%)

4.1.8. Darreichungsform der Aktivkohle

Als Darreichungsform wird im Folgenden die Arzneiform der AK bezeichnet. In Deutschland liegt diese als Pulver- oder in Tablettenform vor. Bei 361

Aktivkohleapplikationen wurde 219-mal Aktivkohlepulver und in 146 Fällen Aktivkohletabletten („Kompretten“) verwendet (Abb. 4.1. 8).

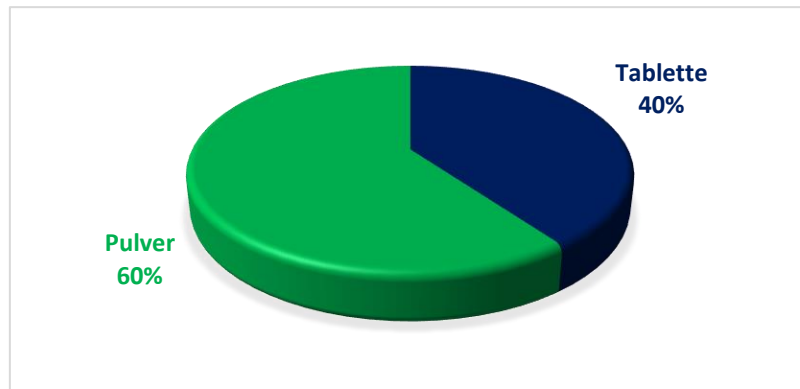


Abb. 4.1. 8: Kreisdiagramm: Aktivkohle Darreichung [Kategorie] in Prozent [%]

Tab. 4.1.8. 1 zeigt, das medizinisch geschultes Personal (= Anrufer „Klinik“ und „Profi“) in 166 von 179 Fällen (93%) Pulver verwendete. In der Kategorie „Laie“ wurde in 53 von 186 Fällen (28%) Pulver und in 133 von 186 Fällen (72%) Aktivkohletabletten verwendet.

Tab. 4.1.8. 1: Häufigkeit [n] der Darreichung der Aktivkohle [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]

		Anrufer [Kategorie]			Gesamt (%)
		[n]			
		Klinik	Laie	Profi	
Darreichung [Kategorie]	Tablette	8	133	5	146 (40%)
	Pulver	150	53	16	219 (60%)
Gesamt		158	186	21	365 (100%)

Tab. 4.1.8. 2 zeigt die Darreichungsform der AK nach dem Ort der Verabreichung. Wurde AK im häuslichen Umfeld oder außerhalb der Klinik verabreicht, lag diese in 75% (131/175) als Tablette vor.

Tab. 4.1.8. 2: Häufigkeit [n] der Darreichung der Aktivkohle [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Ort der Verabreichung [Kategorie]				
		[n]				
		Klinik	Rettungswagen	Außerklinisch	Zuhause	Gesamt (%)
Darreichung [Kategorie]	Tablette	13	0	18	113	144 (40%)
	Pulver	154	19	8	36	217 (60%)
Gesamt		167	19	26	149	361 (100%)

4.1.9. Herkunft der Aktivkohle

Die Beschaffungsorte der AK wurden in Bevorratung Zuhause, Beschaffung im Krankenhaus, der außerklinischen Beschaffung (z. B. in Arztpraxis oder Apotheke) sowie der Beschaffung mittels Rettungsdienst oder Notarzt unterteilt.

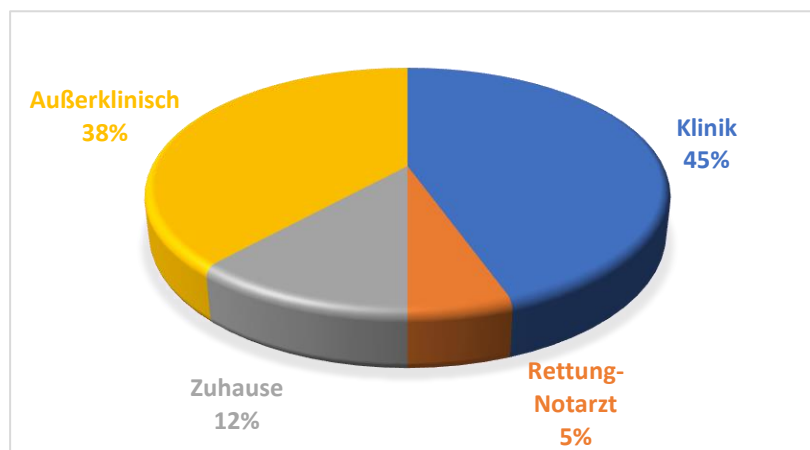


Abb. 4.1. 9: Kreisdiagramm: Beschaffungsorte der Aktivkohle in Prozent [%]

Am häufigsten erfolgte die Beschaffung in der Klinik (45%) gefolgt von der außerklinischen mit 38% und der Bevorratung im häuslichen Umfeld mit 12%.

Tab. 4.1. 9: Beschaffungsorte der Aktivkohle [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]

		Anrufer [Kategorie]			Gesamt (%)
		[n]			
		Klinik	Laie	Profi	
Beschaffungsort	Klinik	139	21	3	163 (45%)
[Kategorie]	Rettung-Notarzt	13	0	7	20 (5%)
	Zuhause	0	42	1	43 (12%)
	Außerklinisch	6	124	10	140(38%)
Gesamt [n]		158	187	21	366 (100%)

Tab. 4.1. 9 zeigt, dass Anrufer der Kategorie Laie in 124/187 Fällen (66%) die außerklinische Beschaffung wählten, 21/187 (11%) besorgen AK aus einem Krankenhaus und 42/187 (23%) der Laien hatten AK häuslich bevorratet.

Fazit: 23% (42/187) der Laienanrufer hatten AK bevorratet.

4.1.10. Ort der Aktivkohleverabreichung

Tab. 4.1. 10 zeigt den Beschaffungsort der AK gegenüber dem Ort der Verabreichung. Betrachtet man den Verabreichungsort „Zuhause“, fällt auf, dass 42 Anrufer AK häuslich bevorratet hatten, 105 Anrufer verabreichten AK nach Beschaffung aus der Apotheke oder Arztpraxis zu Hause.

26 Anrufer begannen die Applikation (der Empfehlung folgend) nach Beschaffung in einer Arztpraxis oder Apotheke direkt am Beschaffungsort.

Tab. 4.1. 10: Beschaffungsort der Aktivkohle [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Ort der Verabreichung [Kategorie]				Gesamt (%)
		[n]				
		Klinik	Rettungswagen	Außerklinisch	Zuhause	
Beschaffungsort [Kategorie]	Klinik	162	0	0	1	163 (45%)
	Rettung-Notarzt	0	19	0	1	20 (5%)
	Zuhause	0	0	0	42	42 (12%)
	Außerklinisch	5	0	26	105	136 (38%)
Gesamt [n]		167 (46%)	19 (5%)	26 (7%)	149 (42%)	361 (100%)

Fazit: In 105/149 Fällen mit häuslicher Verabreichung wurde die AK zuvor außerklinisch beschafft, nur 42 Anrufer hatten AK häuslich bevorratet, eine maximale Zeitersparnis wäre durch Bevorratung sowie durch direkte Applikation am Beschaffungsort denkbar.

4.1.11. Komplikationen

Tab. 4.1.11. 1 zeigt Häufigkeiten und Art der Komplikation nach empfohlener Aktivkohlegabe.

Tab. 4.1.11. 1: Häufigkeit [n] der Komplikationen [Kategorie]

		Häufigkeit [n]	Prozent [%]
Komplikationen [Kategorie]	Erbrechen/Übelkeit	23	4
	keine	467	85
	Verweigerung	58	11
	Gesamt	548	100

Insgesamt kam es bei 15% aller Applikationen zu Komplikationen, mit 11% am häufigsten wurde von Verweigerung durch den Patienten berichtet, weitere unerwünschte Effekte waren mit 4% Erbrechen (21 Fälle) sowie Übelkeit (2 Fälle).

Tab. 4.1.11. 2: Aktivkohleapplikation [ja/nein] gegen Komplikationen [Kategorie]

		AK-Applikation [ja/nein]		Gesamt (%)
		[n]		
		keine Kohle	Kohle gegeben	
Komplikationen	Erbrechen	0	23	23 (4%)
[Kategorie]	keine	176	291	467 (85%)
	Verweigerung	11	47	58 (11%)
Gesamt [n]		187	361	548 (100%)

In 81% (291/361) aller erfolgten AK-Applikationen traten keine Komplikationen auf. In den übrigen Fällen konnte mit 13% (47/361) am häufigsten eine Verweigerung durch den Patienten gefolgt von Erbrechen (7%) beobachtet werden.

4.2. Untersuchung mehrerer möglicher Einflussgrößen

Um die Umsetzbarkeit der Empfehlung zu untersuchen, erfolgte die Analyse der oben beschriebenen Kategorisierungen mit einer multifaktoriellen Regressionsanalyse.

Ziel hierbei war es, durch Betrachtung vieler Abhängigkeiten den Bias möglichst klein zu halten.

4.2.1. Wie häufig konnte Aktivkohle in Abhängigkeit von Patientenalter, Anrufer-Kategorie und Suspensionsmittel gegeben werden

Es wird ein möglicher Zusammenhang der Umsetzung der Empfehlung AK zu geben mit mehreren möglichen Einflussgrößen untersucht.

Folgende potenzielle Einflussfaktoren werden mitbetrachtet:

- Von Seiten der Patienten: das Alter (in Jahren)
- Von Seiten der Hilfeleister / Kohleapplikation:
 - Anruferkategorie
 - Suspensionsmittel der AK: Wasser, Limonade, Saft, Brei (obwohl nicht empfohlen) oder kein Vehikel = „pur“
 - Ort der Kohlegabe – stellvertretend für die Gabe durch medizinischen Laien oder medizinisches Personal

Hintergrund ist hierbei die Vermutung, dass jüngere oder ältere Patienten wahrscheinlicher verweigern AK einzunehmen und die Form des Angebots (z. B. Suspension in süßem Saft vs. Milch, Wasser) eine Rolle bezüglich der Akzeptanz spielt.

Untersucht wurden alle begonnenen Kohleverabreichungen, unabhängig davon, ob die AK vollständig, mit oder ohne Komplikationen gegeben werden konnte. Die Analyse erfolgt mittels linearer Regression und ANOVA.

Betrachtet man die Wahrscheinlichkeit bzw. die Chance der Aktivkohleapplikation in Abhängigkeit vom Alter des Patienten, ergibt sich eine Odds ratio (OR) von 0,996 (KI 95% OR: 0,985-1,007) pro Lebensjahr, d. h. mit jeder Zunahme des Lebensalters um ein Jahr nimmt die Chance zur Aktivkohlegabe um den Faktor 0,99 ab. Das Patientenalter beeinflusst die Chance zur Applikation **nicht signifikant** ($p=0,509$).

Innerhalb der Anruferkategorien zeigt sich eine OR von 1,931 (KI 95% OR: 1,209-3,086) für den Vergleich „Klinik“ zu „Laie“, die Chance zur Aktivkohleapplikation nimmt um den Faktor 1,93 durch Behandlung in der „Klinik“ zu. Vergleicht man die Kategorie „Profi“ gegen „Laie“ ergibt sich eine OR von 0,434 (KI 95% OR: 0,234-0,809), d. h. die Chance für die Aktivkohlegabe nimmt durch Behandlung durch den „Profi“ um 57% ab.

Insgesamt stellt die Anruferkategorie einen **signifikanten** ($p < 0,0001$) Einflussfaktor dar.

Tab. 4.2. 1: Häufigkeit [n] der verwendeten Suspensionsmittel [Kategorie]

		Häufigkeit [n]	Prozent [%]
Suspensionsmittel [Kategorie]	Brei	10	3
	Limonade	6	1,6
	Pur	6	1,6
	Saft	77	21
	Wasser	265	73
	Gesamt	364	100

Tab. 4.2. 1 zeigt die empfohlenen Suspensionsmittel (Wasser, Limonade, Saft und Brei (obgleich nicht empfohlen)). Am häufigsten wurde in 73% Wasser gefolgt von Saft (21%), Brei (3%) sowie Limonade und AK pur (meist Kompette) in 2% verwendet.

Durch Anwendung von Saft im Vergleich zu Wasser nimmt die Chance zur Applikation um 20% (OR von 0,809; (KI 95% OR: 0,494-1,327)) ab. Insgesamt beeinflusst das Suspensionsmittel die Chance zur Applikation **nicht signifikant** ($p = 0,401$).

Fazit: Die Chance zur Verabreichung der Aktivkohle wird **signifikant** ($p < 0,0001$) von der Anrufer/Behandlerkategorie beeinflusst, das Patientenalter sowie das Suspensionsmittel nehmen keinen signifikanten Einfluss.

4.2.2. Latenzzeit – Anruf bis Beginn der Kohlegabe in Abhängigkeit von der Anrufer-Kategorie

Diese Fragestellung untersucht, welchen Zeitgewinn eine ambulante (präklinische) Aktivkohlegabe bewirken kann, d. h. wie viele Minuten früher AK durch prophylaktische

Bevorratung am Unfallort - im Vergleich zur vorherigen Beschaffung von extern - gegeben werden kann.

Die Zeitangaben beruhen auf Schätzungen durch die Befragten bzw. den Verwender.

Die Analyse erfolgt mittels linearer Regression und ANOVA.

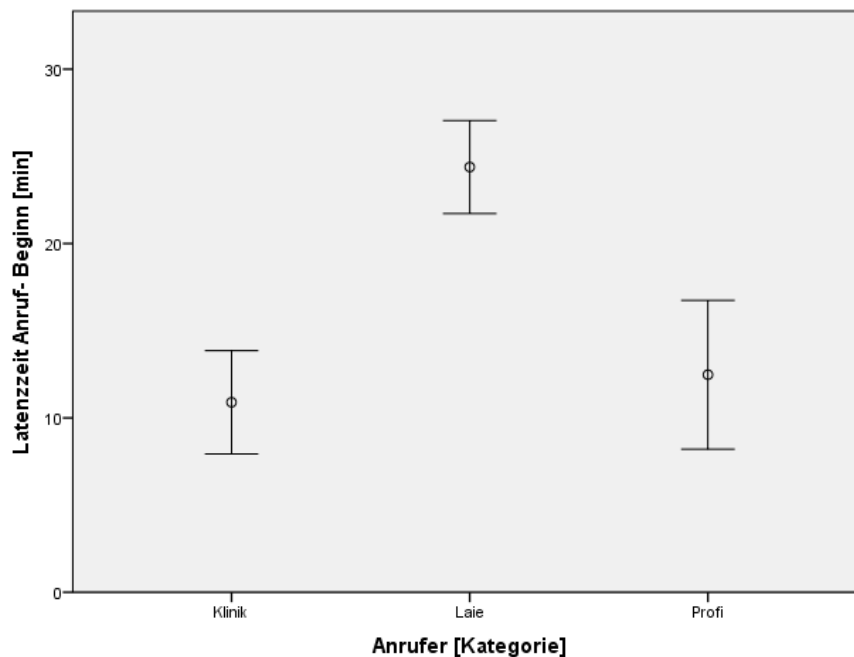


Abb. 4.2. 2: Balkendiagramm: Mittelwert und 95%-iges Konfidenzintervall der Latenzzeit [min] nach Anrufer [Kategorie]

Abb. 4.2. 2 gibt einen Überblick über die Latenzzeit zwischen Anruf und Beginn der Aktivkohlegabe nach Anrufer-Kategorie. Die geringste Latenz zwischen Anruf und Beginn konnte mit 11 ± 19 Minuten in der Klinik erreicht werden, gefolgt von der Kategorie der Profis mit 12 ± 9 Minuten und den Laien mit 24 ± 18 Minuten. Die Anrufer-Kategorie hat **signifikanten** ($p < 0,0001$) Einfluss auf die Latenzzeit der Aktivkohlegabe.

Fazit: In Annahme, dass der Anrufer auch der Behandler ist, erfolgt der Applikationsbeginn mit geringster Latenz in der Klinik (11 ± 19 Minuten).

4.2.3. Latenzzeit – Anruf bis Beginn der Kohlegabe in Abhängigkeit vom Beschaffungsort der Aktivkohle

Mithilfe linearer Regression und ANOVA wurde die Zeit zwischen Anruf in der GIZ und dem Beginn der Aktivkohlegabe in Abhängigkeit vom Beschaffungsort untersucht.

Die zeitlichen Angaben wurden vom Befragten in Minuten geschätzt. Die Beschaffungsorte wurden zur Übersicht kategorisiert.

Tab. 4.2.3. 1: Beschaffungsorte der Aktivkohle [Kategorie]

Ort des Anrufs	Kohle vorrätig	Beschaffungsort/Applikationsort [Kategorie]
<i>Apotheke</i>	<i>ja</i>	<i>Apotheke</i>
<i>Arztpraxis, Rettungsdienst</i>	<i>ja</i>	<i>Professionell geführte ambulante Einrichtung</i>
<i>Kindergarten, Schule, betreutes Wohnheim, Haftanstalt</i>	<i>nein</i>	<i>Betreute Einrichtung, Beschaffung von extern</i>
<i>Klinik</i>	<i>ja</i>	<i>Klinik</i>
<i>Zuhause</i>	<i>ja</i>	<i>Kohlegabe zu Hause, Kohle vorrätig</i>
<i>Zuhause</i>	<i>nein</i>	<i>Kohlegabe zu Hause, Beschaffung von extern (z. B. aus Apotheke, von Nachbar, aus Umgebung)</i>

Erfolgte der Anruf aus einem Kindergarten oder einer betreuten Einrichtung, wurde im Zweitanruf abgefragt, ob AK in der Einrichtung bevorratet vorlag oder diese von extern (z. B. der Apotheke) besorgt wurde und an welchem Ort diese final verabreicht wurde.

Die geringste Latenzzeit zwischen Anruf und Beginn der Aktivkohleapplikation zeigt sich in der Kategorie der professionellen ambulanten Einrichtungen (Mittelwert 4 ± 11 Minuten). Einen Grund hierfür stellt die Tatsache dar, dass bei erfolgter Anfrage der Patient meist bereits in der Einrichtung, z. B. Arztpraxis vorstellig war. In diesen Fällen

wurde die Applikation mehrfach bereits vor Anruf in der GIZ begonnen, wodurch sich das Konfidenzintervall (KI) 95% von -1-9 Minuten für den Mittelwert erklärt.

Tab. 4.2.3. 2: Latenzzeit [min] ± Standardabweichung (SD) [min] nach Beschaffungsort der Aktivkohle [Kategorie]

		Latenzzeit [min]		
		Mittelwert	Standardabweichung	KI 95% für Mittelwert
Beschaffungs- /Applikationsort [Kategorie]	Apotheke	22	±13	16-28
	professionelle amb. Einrichtung	4	±11	-1-9
	betreute Einrichtung, Beschaffung von extern	25	±13	11-39
	Klinik	14	±20	11-17
	Kohlegabe zu Hause, Kohle vorrätig	7	±5	5-9
	Kohlegabe zu Hause, Beschaffung von extern	29	±19	25-32

Mit 7 ± 5 Minuten stellt die Gruppe der häuslichen Bevorratung und Applikation im häuslichen Umfeld die zweitschnellste Anwendergruppe dar. Erfolgte die Beschaffung von extern die Verabreichung allerdings im häuslichen Umfeld, betrug die mittlere Latenzzeit 29 ± 19 Minuten.

Eine mittlere Latenzzeit von 22 ± 13 Minuten wurde durch Beschaffung in der Apotheke sowie 25 ± 13 Minuten durch die Beschaffung von extern und Verabreichung in betreuten Einrichtungen erreicht. Bei keinem Anruf aus einer betreuten Einrichtung lag AK dort prophylaktisch bevorratet vor.

Durch Bevorratung im häuslichen Umfeld ist eine **signifikante** ($p < 0,0001$) Zeitersparnis von etwa 22 Minuten gegenüber der Beschaffung von extern - also beispielsweise der Apotheke - möglich.

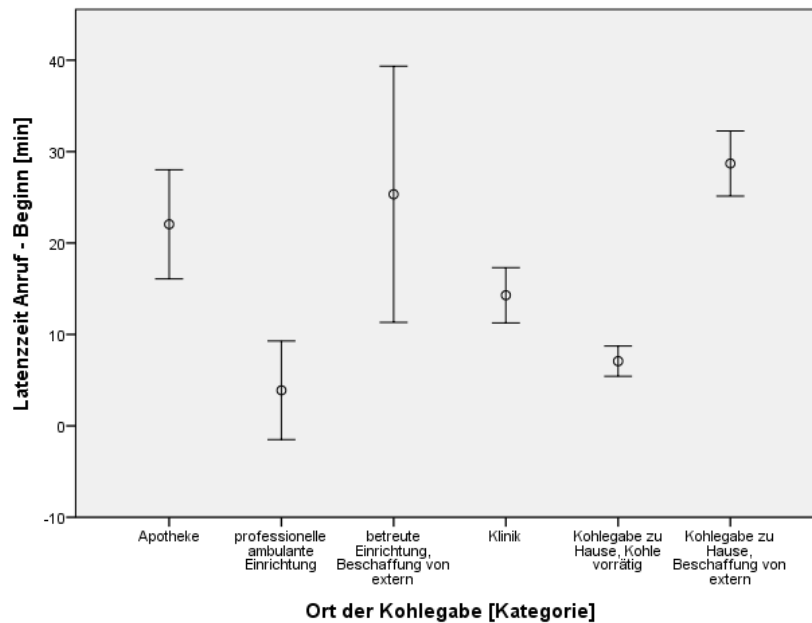


Abb. 4.2. 3: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der Latenzzeit [min] von Anruf bis Beginn der Aktivkohle nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

Fazit: Bei prophylaktischer Aktivkohlebevorratung **und** direkter Applikation am Unfallort kann signifikant ($p < 0,0001$) Zeit gespart werden (15 Minuten gegenüber dem nächstschnelleren Beschaffungs- **und** Applikationsort Apotheke, sowie 22 Minuten gegenüber der Beschaffung von extern (z. B. Arztpraxis, Apotheke) **und** Verabreichung am Ingestionsort).

Diese Frage wird mit einem kleineren und enger eingegrenzten Kollektiv noch einmal betrachtet – siehe Kapitel 5.

4.2.4. Applikationsmenge in Abhängigkeit von Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung, Beschaffungsort, Darreichung sowie der Applikationsart

Die nächsten Untersuchungen betreffen die „**Qualität**“ der Aktivkohleapplikation. Hintergrund war die Frage, ob die Applikation durch Laien weniger möglich ist als die

durch medizinisch geschulte Personen. Wie oben erwähnt, wurde als Parameter für die Applikation der Applikationsort gewählt. Es ist aber offensichtlich, dass auch andere Einflussfaktoren die „Qualität“ der Aktivkohlegabe beeinflussen können.

Untersucht wurden hierzu:

- Patientenalter
- Darreichungsform (Pulver vs. Tabletten „Kompreten“)
- Suspensionsmittel
- Ort der Verabreichung
- Beschaffungsort

Als „Qualitätskriterien“ wurden untersucht:

- Vollständigkeit der Kohlegabe (als % der empfohlenen Menge)
- Dauer der Applikation (in Minuten)
- Häufigkeit und Art von unerwünschten Nebeneffekten

Wegen der Multifaktorialität wurden zur Untersuchung Regressionsverfahren und ANOVA verwendet.

Diese Fragestellungen werden mit einem kleineren und enger eingegrenzten Kollektiv noch einmal betrachtet – siehe Kapitel 5.

Als Applikationsmenge wurde die tatsächliche Aktivkohlemenge vom Anrufer im Zweitanruf geschätzt. Die Angaben erfolgten in Gramm (absolute Mengen in Gramm). In einigen Fällen wurde mehr AK verabreicht als empfohlen.

Als Erstes wurde der Einfluss des Patientenalters untersucht, hierbei zeigt die Varianzanalyse, dass das Lebensalter **signifikant** ($p < 0,0001$) Einfluss auf die Applikationsmenge nimmt, ein Ergebnis, das bereits im Vorfeld zu erwarten war, da

bezogen auf das Körpergewicht und die daraus resultierende Menge an AK für Kinder insgesamt eine geringere Dosis empfohlen wurde als für Erwachsene.

Tab. 4.2.4. 1: Applikationsmenge [g] nach Patiententalter [Kategorie]

		Applikationsmenge [g]			KI 95% für
		Median	25. Quartil	75. Quartil	Median
Patiententalter [Kategorie]	Säugling 0 - 1 Jahr	5	3	8	4-8
	Kleinkind 1 - 5 Jahre	5	3	11	5-9
	Schulkind 6 - 11 Jahre	9	2	15	3-15
	Jugendlich 12 - 17 Jahre	25	8	50	8-50
	Erwachsen 18 - 65 Jahre	50	33	50	50-64
	Senior > 65 Jahre	28	15	50	20-50

Bezogen auf den Ort der Applikation erfolgte die Einteilung wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben.

Bei Verabreichung im Rettungswagen wurden im Median 50 g (IQR: 50-50 g) verabreicht, außerklinisch konnten 8 g (IQR: 4-10 g), sowie häuslich 5 g (IQR: 3-10 g) verabreicht werden.

Der Applikationsort nimmt **signifikanten** ($p < 0,0004$) Einfluss auf die Applikationsmenge, die größte Menge konnte im Rettungswagen und der Klinik verabreicht werden (Tab. 4.2.4. 2).

Tab. 4.2.4. 2: Applikationsmenge [g] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Applikationsmenge [g]			KI 95% für
		Median	25. Quartil	75. Quartil	Median
Ort der Verabreichung [Kategorie]	Klinik	50	21	50	50-75
	Rettungswagen	50	50	50	50-55
	Außerklinisch	8	4	10	5-10
	Zuhause	5	3	10	5-8

Der Beschaffungsort der AK hat **keinen signifikanten** ($p = 0,734$) Einfluss auf die absolute Applikationsmenge. Erfolgte die Beschaffung vom Rettungsdienst, konnten

im Median 50 g (IQR: 50-50 g; KI 95%: 50-55 g), durch außerklinische Beschaffung 7 g (IQR: 3-12 g; KI 95%: 5-9 g) sowie durch Beschaffung von zu Hause 5 g (IQR: 2-10g; KI 95%: 3-10 g) verabreicht werden. Wurde AK in der Klinik beschafft, konnten im Median 50 g (IQR: 21-50g; KI 95%: 50-75 g) verabreicht werden.

Der Einfluss des Suspensionsmittels sowie der Darreichung wird in Tab. 4.2.4. 3 dargestellt. Die Varianzanalyse zeigt, dass das verwendete Suspensionsmittel die Applikationsmenge **nicht signifikant** ($p=0,397$) beeinflusst.

Mithilfe von Limonade konnten 17 g (IQR: 15-50 g; KI 95%: 15-50 g) verabreicht werden, durch Saft 5 g (IQR: 3-10 g; KI 95%: 5-8 g) sowie mittels Wasser 35 g (IQR: 10-50 g; KI 95%: 30-50 g). Durch „pure“ Verwendung konnten im Median 4 g (IQR: 1-10g; KI 95%: 1-10 g) sowie durch Brei 5 g (IQR: 3-5 g; KI 95%: 5-15 g g) appliziert werden.

Tabelle 4.2.4. 3 zeigt die Applikationsmenge nach Darreichung und Suspensionsmittel. Durch Verwendung von AK-Pulver konnte bei gleichem Suspensionsmittel z. B. Limonade eine größere Menge appliziert werden als durch Verwendung von Tabletten (33 g vs. 11 g).

Tab. 4.2.4. 3: Applikationsmenge [g] nach Darreichung [Kategorie] und verwendetem Suspensionsmittel [Kategorie]

Darreichung [Kategorie]	Tablette [Kategorie]	Suspensionsmittel [Kategorie]		Applikationsmenge [g]			
				Median	25. Quartil	75. Quartil	KI 95% für Median
Tablette			Brei	5	4	5	5-15
			Limonade	11	4	18	4-18
			Pur	4	1	10	1-10
			Saft	5	3	10	4-8
			Wasser	8	3	14	5-10
Pulver			Brei	3	3	3	n.a.
			Limonade	33	16	50	15-50
			Saft	8	5	10	5-10
			Wasser	50	28	50	50-64

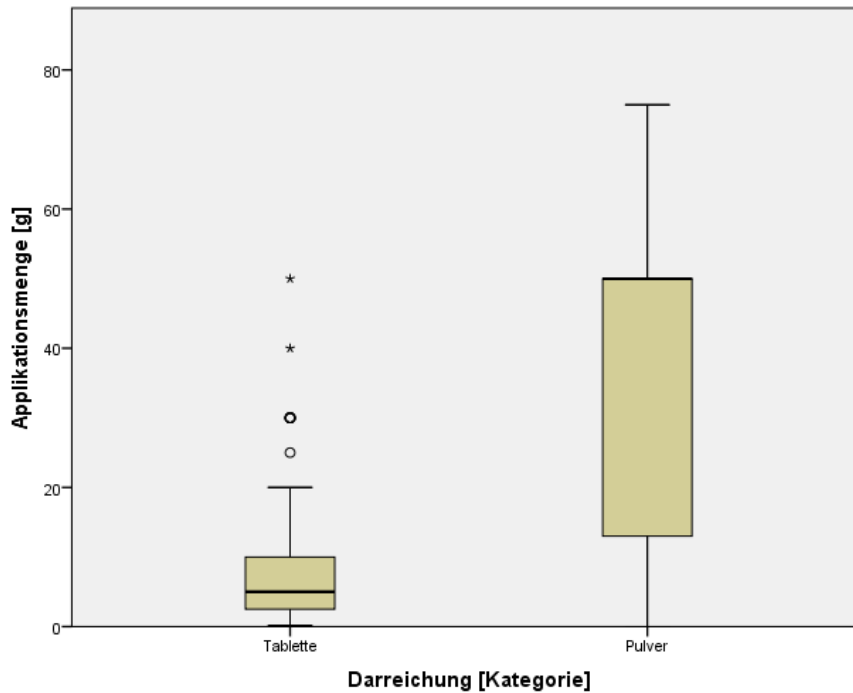


Abb. 4.2. 4: Box-plot: Applikationsmenge [g] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]

Mithilfe der Varianzanalyse kann gezeigt werden, dass die Darreichung der AK **signifikanten** ($p < 0,0001$) Einfluss auf die absolute Applikationsmenge nimmt.

Im Median konnten durch Pulver 50 g (IQR: 13-50 g) gegenüber 5 g (IQR: 3-10 g) durch Tabletten verabreicht werden.

Tab. 4.2.4. 4: Applikationsmenge [g] nach Darreichungsform der Aktivkohle [Kategorie]

		Applikationsmenge [g]			
		Median	25. Quartil	75. Quartil	KI 95% für Median
Darreichung [Kategorie]	Tablette	5	3	10	5-8
	Pulver	50	13	50	50-64

Bezogen auf die Applikationsart zeigt die Varianzanalyse, dass durch Verwendung einer Magensonde mit im Median 50 g (IQR: 50-50 g) **signifikant** ($p = 0,002$) mehr AK appliziert werden konnte als durch Verabreichung per os mit 10 g (IQR: 5-50 g).

4.2.5. Korrelation zwischen Vollständigkeit der Aktivkohlegabe und Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung sowie Darreichung und Applikationsart

Um die Vollständigkeit der Umsetzung zu beurteilen, wurden die von den Anrufern während des Telefoninterviews angegebenen Mengen als Prozent von der Empfehlung angegeben. Maximal konnten 100 % verabreicht werden.

Bei der Mengenangabe handelt es sich um Schätzungen durch die Behandler.

Die Analyse erfolgt mittels logistischer Regression und ANOVA.

In Bezug auf das Patientenalter zeigt sich, dass mit Zunahme des Lebensalters pro Lebensjahr die Chance zur vollständigen Applikation mit dem Faktor 1,00 gleich bleibt (OR 1,003; KI 95%: 0,987-1,020), das Lebensalter nimmt **keinen signifikanten** Einfluss ($p=0,7195$) auf die Vollständigkeit der Applikation.

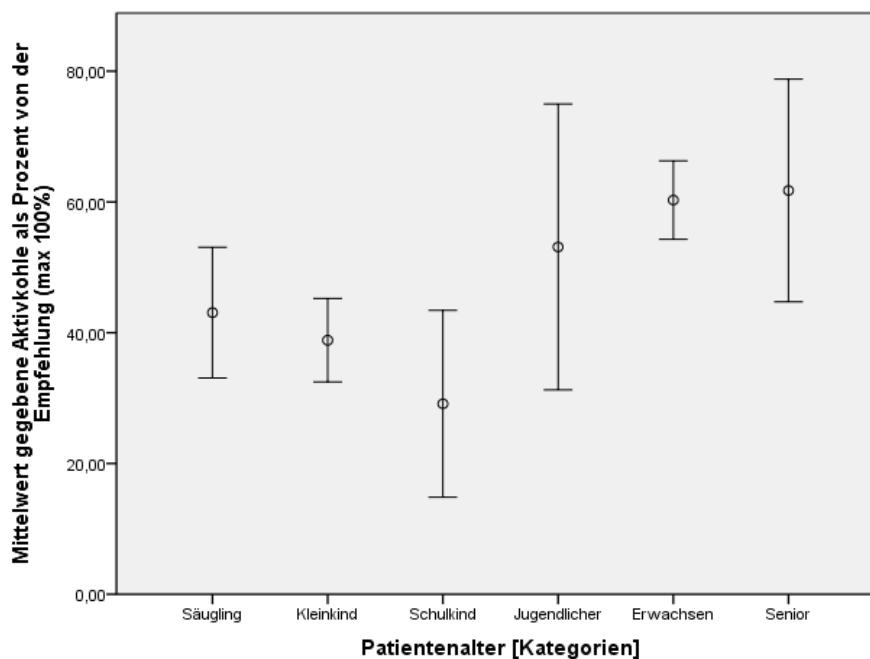


Abb. 4.2.5. 1: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der gegebenen Aktivkohle in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Patientenalter [Kategorie]

Im Mittelwert wurden in der Kategorie Säugling 43% (KI 95%: 33-53%), Kleinkind 39% (KI 95%: 32-45%), Schulkind 29% (KI 95%: 15-43%), Jugendlicher 53% (KI 95%: 31-75%), Erwachsenen 60% (KI 95%: 54-66%) sowie Senior 62% (KI 95%: 45-79%) der Empfehlung verabreicht.

Betrachtet man den Einfluss des Suspensionsmittels auf die Vollständigkeit, kann gezeigt werden, dass dieses **keinen statistisch signifikanten** Einfluss ($p=0,411$) ausübt.

Durch Verwendung von Brei (obwohl nicht empfohlen) nimmt die Chance zur vollständigen Applikation im Vergleich zu Wasser um den Faktor 0,2135 (OR 0,2135; KI 95% OR: 0,022-2,0686) und damit um 79% ab.

Vergleicht man Saft mit Wasser, konnte eine OR von 1,158 (KI 95%: 0,535-2,424) und damit eine Zunahme der Chance zur vollständigen Umsetzung der Empfehlung gezeigt werden.

Wird AK ohne Suspensionsmittel alleinig in Form von Komprettchen oder Pulver verabreicht, nimmt die Chance zur vollständigen Applikation um den Faktor 0,486 (KI 95%: 0,052-4,513) und damit um 52% im Vergleich zu Wasser ab.

Fazit: Das verwendete Suspensionsmittel beeinflusst die Chance auf Vollständigkeit der Aktivkohleapplikation **nicht signifikant** ($p=0,411$).

Der Einfluss des Applikationsorts auf die Vollständigkeit der Aktivkohlegabe wurde mittels logistischer Regression untersucht. Zur Übersicht wurden die Applikationsorte zusammengefasst (siehe Abb. 3. 3).

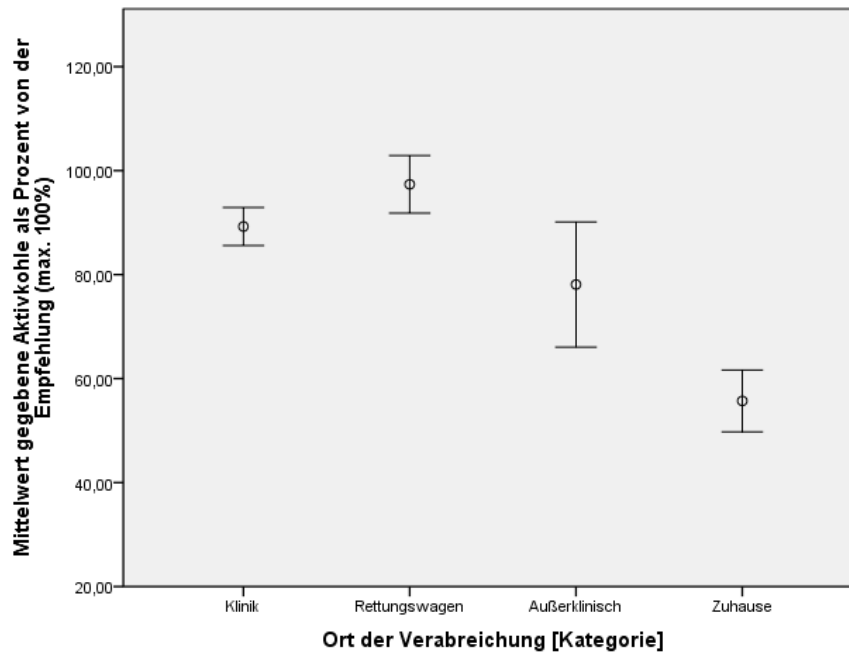


Abb. 4.2.5. 2: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

Tab. 4.2.5. 1: Häufigkeit [n] der Orte der Aktivkohlegabe [Kategorie]

		Häufigkeit [n]	Prozent [%]
Ort der Aktivkohlegabe [Kategorie]	Klinik	167	46
	Rettungswagen	19	6
	Außerklinisch	26	7
	Zuhause	149	42

Erfolgt die Verabreichung im häuslichen Umfeld, nimmt die Chance für eine vollständige Applikation um den Faktor 1,037 (KI 95% OR: 0,136-7,914) verglichen zur Verabreichung in der Klinik zu.

Betrachtet man die außerklinische Verabreichung im Vergleich zur Applikation in der Klinik, zeigt sich eine OR von 2,161 (KI 95%: 0,241-19,387) und damit eine Zunahme der Chance auf Vollständigkeit um 116%.

Im Mittelwert konnten durch Behandlung in der Klinik 90% (KI 95%: 86-93%) von Rettung/Notarzt 98% (KI 95%: 92-103%), sowie außerklinisch 78% (KI 95%: 66-90%) und zu Hause 56% (KI 95%: 50-62%) der Empfehlung verabreicht werden.

Fazit: Die Vollständigkeit der Applikation wird **nicht signifikant** ($p=0,508$) vom Verabreichungsort beeinflusst.

Die Darreichung der AK hat **signifikanten** ($p=0,011$) Einfluss auf die Vollständigkeit der Verabreichung. Durch Verwendung von Tabletten ist die Chance um 58% (OR 0,417; KI 95%: 0,212-0,819) geringer als durch Verwendung von Aktivkohlepulver. Wurde Pulver verwendet, konnten im Mittelwert 88% (KI 95%: 84-91%) der empfohlenen Dosis verabreicht werden, bei Kompressen 55% (KI 95%: 48-61%).

Tab. 4.2.5. 2: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]

Applikationsmenge [%] von Empfehlung (max. 100%)

		Mittelwert	Standardabweichung	95% KI für Mittelwert
Darreichung [Kategorie]	Tablette	55	± 37	48-61
	Pulver	88	± 26	84-91

Fazit: Durch Verwendung von Aktivkohlepulver im Vergleich zu Tabletten nimmt die Chance zur vollständigen Umsetzung der Empfehlung **signifikant** ($p=0,011$) zu.

Als letzter möglicher Einflussfaktor wurde der Applikationsweg untersucht. Es wurde zwischen Verabreichung „per os“ oder via Magensonde (nasogastral) unterschieden.

Die Analyse erfolgt mittels logistischer Regression und ANOVA.

Durch eine Verabreichung via Magensonde nimmt die Chance auf vollständige Verabreichung mit einer OR von 3,374 (KI 95%: 0,948-10,201) und damit um den Faktor 3,4 zu.

Im Mittelwert konnten per Magensonde 96% (KI 95%: 92-100%) der empfohlenen Dosis appliziert werden, per os 72% (KI 95%: 68-76%).

Die Varianzanalyse zeigt, dass die Applikationsart **keinen signifikanten** ($p=0,061$) Einfluss auf die Applikationsmenge nimmt.

Fazit: Die Chance zur vollständigen Applikation wird **nicht signifikant** von der Applikationsart beeinflusst.

4.2.6. Applikationsdauer in Abhängigkeit von Patientenalter, dem Suspensionsmittel und der Darreichung

Die Applikationsdauer wurde vom Befragten in Minuten geschätzt und beschreibt den Zeitraum von Beginn bis Ende der Aktivkohleapplikation.

Die Analyse erfolgt mittels linearer Regression und ANOVA.

Das Patientenalter hat **signifikanten** Einfluss auf die Applikationsdauer ($p=0,037$).

Tab. 4.2.6. 1: Applikationsdauer [min] nach Patientenalter [Kategorie]

		Applikationsdauer [min]			KI 95% für Median
		Median	25. Quartil	75. Quartil	
Patientenalter [Kategorie]	Säugling 0 - 1 Jahr	15	5	30	10-30
	Kleinkind 1 - 5 Jahre	10	8	20	10-15
	Schulkind 6 - 11 Jahre	10	5	15	10-30
	Jugendlich 12 - 17 Jahre	15	5	30	5-30
	Erwachsen 18 - 65 Jahre	10	5	15	10-15
	Senior > 65 Jahre	10	10	15	10-15

Am schnellsten erfolgte die Applikation mit 10 Minuten (IQR: 5-10 Minuten) beim Erwachsenen und Schulkind, für die Applikation beim Säugling hingegen wurden 15 Minuten (IQR: 5-30 Minuten) benötigt.

Betrachtet man zudem den Einfluss des Suspensionsmittels, zeigt sich eine mediane Applikationsdauer für Limonade von 18 Minuten (IQR: 10-60 Minuten), gefolgt von Saft mit 15 Minuten (IQR: 8-25 Minuten) und Wasser mit 10 Minuten (IQR: 5-20 Minuten).

Für die pure Verabreichung wurden im Median 8 Minuten (IQR: 1-10 Minuten) benötigt. Insgesamt zeigt sich bezüglich des Suspensionsmittels **kein signifikanter** ($p=0,629$) zeitlicher Vorteil.

Bezogen auf die Darreichung der AK kann gezeigt werden, dass sich die Applikationsdauer **nicht signifikant** ($p=0,460$) zwischen Aktivkohlepulver und Tablette unterscheidet.

Im Median wurden für die Verabreichung von Aktivkohlepulver 10 Minuten (IQR: 10-20 Minuten) sowie für die Verabreichung von Tabletten 10 Minuten (IQR: 5-20 Minuten) benötigt.

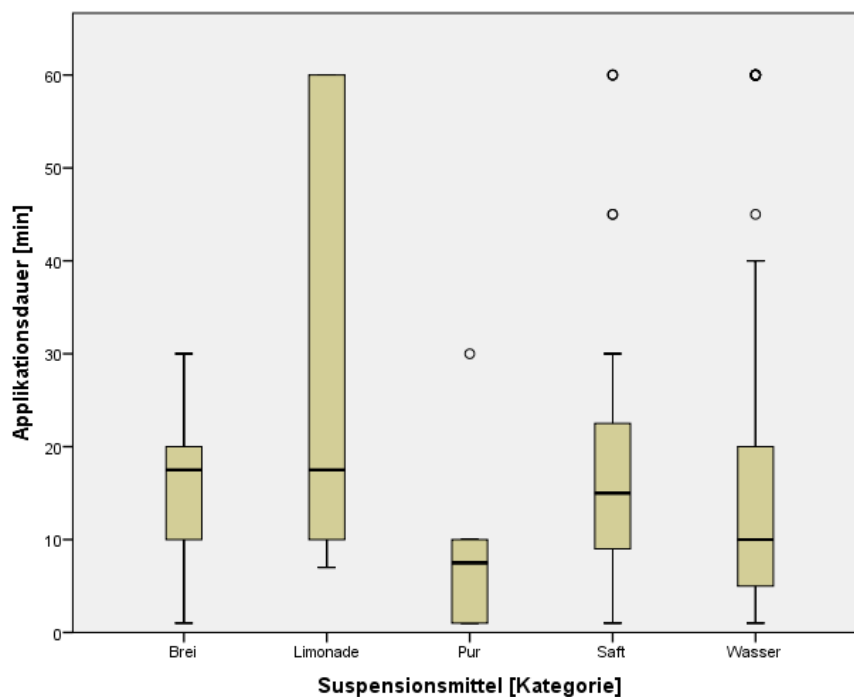


Abb. 4.2. 6: Box-plot: Applikationsdauer [min] nach Suspensionsmittel [Kategorie]

Tab. 4.2.6. 2: Applikationsdauer [min] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]

		Applikationsdauer [min]			
		Median	25. Quartil	75. Quartil	KI 95% für Median
Darreichung [Kategorie]	Tablette	10	5	20	10-15
	Pulver	10	10	20	10-15

4.2.7. Applikationsdauer in Abhängigkeit von der Applikationsart

Mithilfe des Mann-Whitney-U Test wurde der Einfluss der Applikationsart auf die Applikationsdauer untersucht.

Wird AK via Magensonde verabreicht, beträgt die Applikationsdauer im Median 10 Minuten (IQR: 5-10 Minuten) und ist **signifikant** ($p=0,002$) kürzer als die Verabreichung per os (Median 10 Minuten; IQR: 5-20 Minuten).

Tab. 4.2. 7: Applikationsdauer [min] nach Applikationsart [Kategorie]

		Applikationsdauer [min]			KI 95% für Median
		Median	25. Quartil	75. Quartil	
Applikationsart [Kategorie]	per os	10	5	20	10-15
	per Magensonde	10	5	10	10-45

4.2.8. Komplikationen in Abhängigkeit vom Ort der Aktivkohlegabe

Mithilfe des exakten Tests nach Fisher kann gezeigt werden, dass der Verabreichungsort **signifikant** ($p=0,005$) Einfluss auf die Chance zum Auftreten von Komplikationen nimmt. In der Klinik und anderen medizinisch-professionellen Umgebungen wurden bei 5% bzw. 14% der Applikationen von Komplikationen berichtet, bei Applikation zu Hause hingegen in 28% der Fälle.

Tab. 4.2.8. 1: Häufigkeit [n] der Komplikationen [ja/nein] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Ort der Verabreichung [Kategorie]				Gesamt (%)
		Klinik	Rettungswagen	Außerklinisch	Zuhause	
Komplikation ja/nein	keine Komplikation	143 (86%)	18 (95%)	23 (88%)	107 (72%)	291 (81%)
	Komplikation	24 (14%)	1 (5%)	3 (12%)	42 (28%)	70 (19%)
Gesamt [n]		167	19	26	149	361 (100%)

Tab. 4.2.8. 2: Art der Komplikationen [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Ort der Verabreichung [Kategorie]				Gesamt (%)
		Klinik	Rettungswagen	Außerklinisch	Zuhause	
Komplikationen [Kategorie]	Erbrechen	15	1	0	5	21 (6%)
	keine	143	18	23	107	291 (81%)
	Übelkeit	0	0	0	2	2 (1%)
	Verweigerung	9	0	3	35	47 (13%)
Gesamt [n]		167	19	26	149	361 (100%)

Am häufigsten kam es zur Verweigerung der Einnahme durch den Patienten, dies ist mit 24% (35/149) auch die häufigste unerwünschte Wirkung bei Applikation im häuslichen Umfeld.

4.2.9. Komplikationen in Abhängigkeit von der Darreichung der Aktivkohle

Betrachtet man die Häufigkeit von Komplikationen in Abhängigkeit von der Darreichung der AK, kann mithilfe des Chi-Quadrat-Test gezeigt werden, dass sich diese **nicht signifikant** ($p=0,093$) unterscheiden. Bei Verwendung von Aktivkohletabletten kam es in 36 Fällen, bei Pulver in 37 Fällen zu Komplikationen.

Tab. 4.2. 9: Komplikationen [Kategorie] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]

		Komplikationen [Kategorie]			Gesamt (%)
		Erbrechen	Keine	Verweigerung	
Darreichung [Kategorie]	Tablette	6 (26%)	110 (38%)	30 (60%)	146 (40%)
	Pulver	17 (74%)	182 (62%)	20 (40%)	219 (60%)
Gesamt [n]		23	292	50	365 (100%)

4.2.10. Komplikationen in Abhängigkeit von der Applikationsart

In der vorliegenden Untersuchung wurde AK sowohl oral als auch via Magensonde verabreicht. Betrachtet man das Auftreten von Komplikationen, inklusive der Verweigerung durch den Patienten, zeigt der Chi-Quadrat-Test, dass sich die Applikationsformen diesbezüglich **nicht signifikant** ($p=0,089$) unterscheiden.

Tab. 4.2. 10: Häufigkeit [n] von Komplikationen [ja/nein] nach Applikationsart [Kategorie]

		Applikationsart [Kategorie]		Gesamt (%)
		[n]		
Komplikation [ja/nein]	keine Komplikation	per os	per Magensonde	
			250 (79%)	41 (91%)
	Komplikation	66 (21%)	4 (9%)	70 (19%)
Gesamt [n]		316	45	361 (100%)

4.2.11. Potenzial zur Einsparung von Gesundheitskosten

Tab. 4.2.11. 1 zeigt die Anrufer nach Kategorien und die eigentliche Behandlungsempfehlung der Giftinformationszentrale nach Erhebung der Informationen.

In 82% (239/292) der Laienanrufe war eine Laienbehandlung als ausreichend erachtet worden, dies trifft ebenso auf 12% (25/206) der Klinikanrufe zu, dennoch erfolgte in diesen Fällen eine Konsultation der Klinik. In der Kategorie der Profis wäre in 40% (20/50) eine alleinige Laienbehandlung als ausreichend erachtet worden.

Tab. 4.2.11. 1: Versorgungsempfehlung nach Anrufer [Kategorie]

		Anrufer [Kategorie]			Gesamt (%)
		[n]			
		Klinik	Laie	Profi	
Versorgungsempfehlung	Laienbehandlung möglich	25	239	20	284 (52%)
	ambulante Vorstellung empfohlen	22	31	8	61 (11%)
	Krankenhausbehandlung empfohlen	159	22	22	203 (37%)
Gesamt [n]		206	292	50	548 (100%)

Bei optimaler Ausschöpfung des Beratungspotenzials der GIZen wäre die klinische Vorstellung in 45 Fällen vermeidbar gewesen, das entspräche jeder 8. klinischen Vorstellung und jeder 3. Behandlung durch den „Profi“.

Tab. 4.2.11. 2 zeigt die Versorgungsempfehlung im Vergleich zur im Zweitanruf erfragten und schließlich erfolgten Verlaufsbehandlung.

Tab. 4.2.11. 2: Versorgungsempfehlung gegenüber erfolgter Verlaufsbehandlung nach Anrufer [Kategorie]

				Anrufer [Kategorie] [n]		
				Klinik	Laie	Profi
Versorgungsempfehlung Laienbehandlung möglich	Verlaufsbehandlung	Außerklinisch	1	10	4	
		Keine	5	176	13	
		Klinik	19	40	3	
		Pilzberater	0	13	0	
ambulante Vorstellung empfohlen	Verlaufsbehandlung	Außerklinisch	0	4	1	
		Keine	2	19	1	
		Klinik	20	8	6	
		Pilzberater	0	0	0	
Krankenhausvorstellung empfohlen	Verlaufsbehandlung	Außerklinisch	0	0	1	
		Keine	4	11	0	
		Klinik	155	9	21	
		Pilzberater	0	2	0	

Hierbei zeigt sich, dass in 40 Fällen der Anrufer-Kategorie „Laie“ trotz Ausreichen und Empfehlung einer Laienbehandlung eine klinische Vorstellung sowie in 10 Fällen eine hausärztliche Vorstellung erfolgte.

Wurde hingegen eine klinische Vorstellung vom beratenden Arzt empfohlen, erfolgte diese in 11 Fällen trotz eindeutiger Empfehlung nicht.

5. Untersuchung zur prä- und außerklinischen Aktivkohlegabe mit Einschränkung auf Fälle mit möglicher Laienbehandlung

Für eine Veröffentlichung der Untersuchung zur präklinischen Verfügbarkeit und Anwendung von AK durch Laien wurde das untersuchte Kollektiv eingegrenzt. Eingeschlossen wurden nur ambulante in Laienobhut behandelbare Fälle, bei denen die Ingestion weniger als 60 min vor Anruf an einem zur präventiven Lagerung von AK geeigneten Ort erfolgt war und die sich nicht in medizinischer Behandlung befanden.

Im Folgenden wird eine Subgruppe des Patientenkollektivs untersucht, die alle folgenden Einschlusskriterien erfüllen:

- Zeit zwischen Ingestion und Anruf < 60 Minuten
- Laienanruf
- aufgenommene Noxe, Umstände der Ingestion und Gesundheitszustand des Betroffenen erlauben Kohlegabe und Beobachtung durch Laien
- Ort der Ingestion ist zur Kohlebevorratung geeignet

Von den eingangs beschriebenen 548 Fällen erfüllten 213 diese Kriterien (Abb. 5).

Von diesem Kollektiv wiederum wurde in 137 (65%) Fällen AK verabreicht. Hiervon erfolgte in 113 Fällen die AK-Applikation direkt am Ingestionsort, 10-mal erfolgte diese in einer Apotheke sowie 14-mal im Krankenhaus.

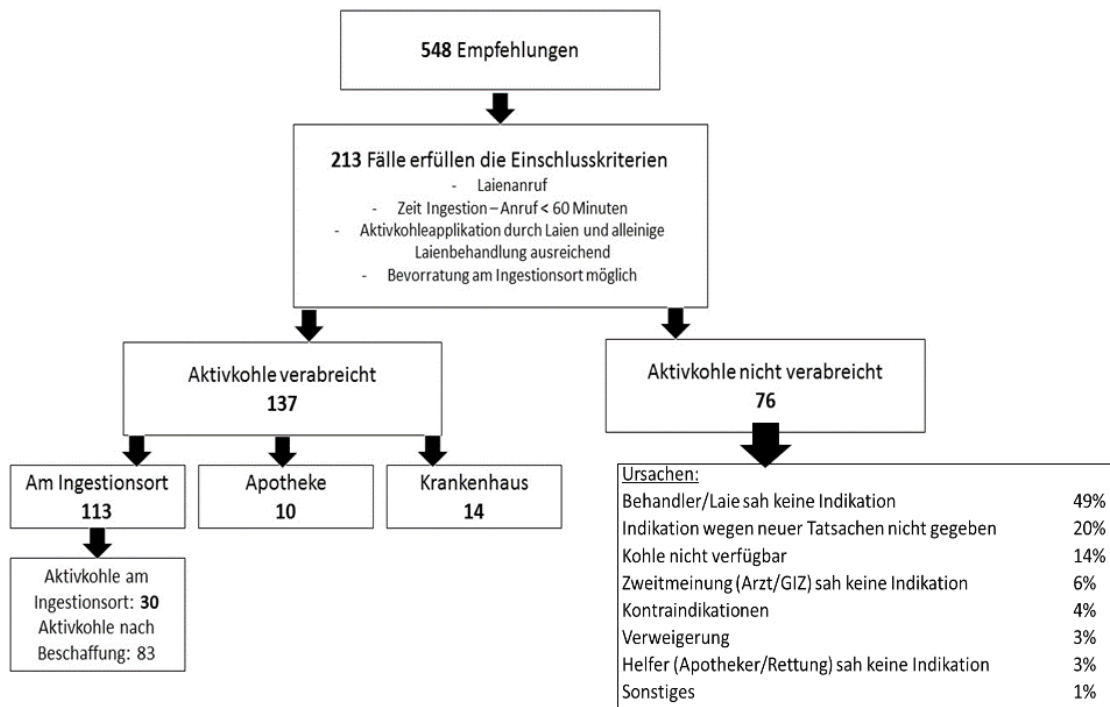


Abb. 5: Grafik: Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe und Gründe für Nichtumsetzung

5.1.1. Alter und Geschlechtsverteilung der Patienten

Tab. 5.1. 1 zeigt die Altersverteilung der Anrufer, 97 Patienten waren zwischen 1 - 5 Jahren alt, sowie 53 Anrufer Kinder unter einem Jahr. Mit 51% überwiegen weibliche Patienten.

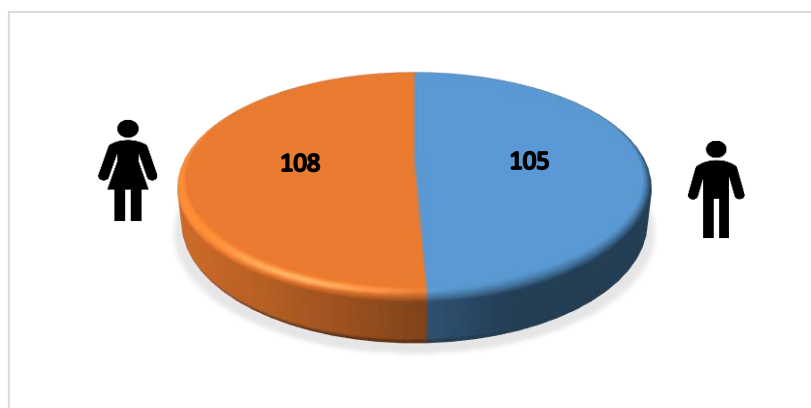


Abb. 5.1. 1: Kreisdiagramm: Geschlechterverteilung der Anrufer: männlich 49%, weiblich 51%

Tab. 5.1. 1: Häufigkeit [n] der Anrufer nach Patientenalter [Kategorie]

		Häufigkeit [n]	Prozent [%]
Patientenalter	Säugling 0 -1 Jahr	53	25
[Kategorie]	Kleinkind 1 - 5 Jahre	97	45,5
	Schulkind 6 - 11 Jahre	24	11
	Jugendlich 12 - 17 Jahre	1	0,5
	Erwachsen 18 - 65 Jahre	31	15
	Senior > 65 Jahre	7	3
	Gesamt	213	100

5.1.2. Giftstoffe

Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben erfolgte die Einteilung der Noxen nach Kategorie.

Tab. 5.1. 2 zeigt die Noxen und ihre Häufigkeit.

Am häufigsten erfolgten Anfragen nach Ingestion von Pflanzen/Pilzen 105/213 (49%), gefolgt von Pharmazeutika 55/213 (26%) und tabakhaltigen Produkten 32/213 (15%).

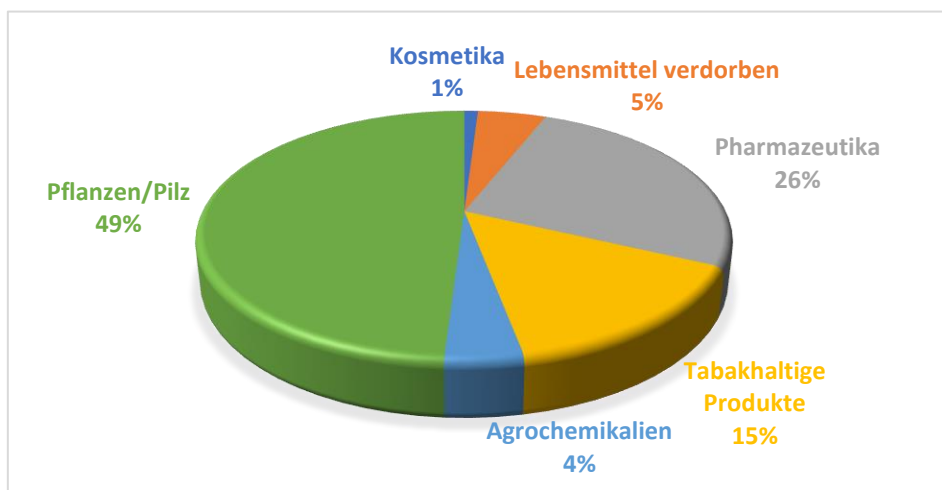


Abb. 5.1. 2: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Noxen [Kategorie] in Prozent [%]

In einem von 213 Fällen wurden zwei Noxen ingestiert, bei den restlichen Fällen handelte es sich um Monoingestionen.

Tab. 5.1. 2 zeigt die Verteilung der Noxen nach Patientenalter.

Tab. 5.1. 2: Häufigkeit [n] der Noxen [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]

		Patientenalter [Kategorie]						Gesamt (%)
		Säugling	Kleinkind	Schulkind	Jugendlich	Erwachsen	Senior	
Noxen [Kategorie]	Kosmetika	0	0	0	0	1	0	1 (1%)
	Lebensmittel verdorben	2	5	0	0	3	0	10 (5%)
	Pharmazeutika	9	38	6	2	1	0	55 (26%)
	Tabakhaltige Produkte	22	8	1	0	1	0	32 (15%)
	Agrochemikalien	3	6	0	0	0	0	9 (4%)
	Pflanzen/Pilze	17	39	17	0	25	7	105 (49%)
Gesamt[n]		53	97	24	2	31	7	213 (100%)

In der Gruppe der Säuglinge erfolgte der Kontakt zur GIZ am häufigsten mit 42% (22/53) wegen tabakhaltiger Produkte, gefolgt von Pflanzen/Pilzen mit 32% (17/53). In den übrigen Alterskategorien überwog als Noxe der Kontakt mit Pflanzen/Pilzen. Jugendliche (geringe Fallzahl) waren alleinig Pharmazeutika exponiert.

5.1.3. Ursachen für Ingestion potenziell toxischer Stoffe

Bei allen Anrufen wurde eine akzidentielle Ursache angegeben.

5.1.4. Symptome bei Erstanruf

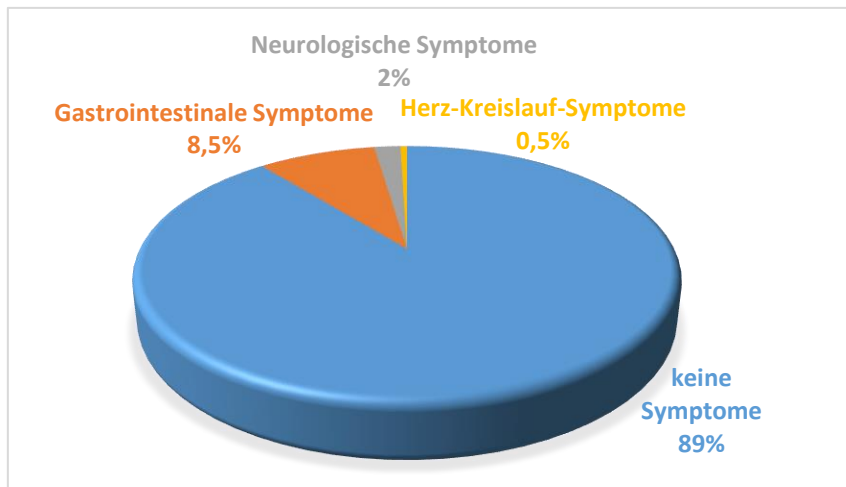


Abb. 5.1. 4: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Vergiftungssymptome in Prozent [%]

Während des Erstanrufs waren 89% der Patienten symptomfrei, in 8,5% (18/213) wurde von gastrointestinalen Symptomen (Übelkeit und Erbrechen) berichtet sowie in 2% (4/213) von neurologischen Symptomen (Schwindel oder Kopfschmerzen). Ein Anrufer 0,5% (1/213) litt unter Herz-Kreislauf-Symptomen.

5.1.5. Häufigkeit der Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe – Ursachen für Nichtumsetzung

Abb. 5 zeigt die Häufigkeit der Umsetzung, 64% (137/213) der Anrufer folgten der Empfehlung zur Aktivkohleapplikation.

In 83% (113/137) der Fälle mit begonnener Applikation wurde AK direkt am Ort der Ingestion (Unfallort) verabreicht, bereits bevorratet lag diese dort in 22% (30/137) vor. In 61% (83/137) der Fälle wurde die AK zur Verabreichung am Ingestionsort von extern beschafft. 8% (10/137) der Anrufer verabreichten die AK direkt in einer Apotheke, 10% (14/137) in der Klinik.

In 36% (76/213) der Fälle erfolgte trotz vorheriger Empfehlung keine Aktivkohlegabe, die Gründe hierfür werden im folgenden Kapitel beschrieben.

5.1.6. Gründe für nicht erfolgte Aktivkohlegabe

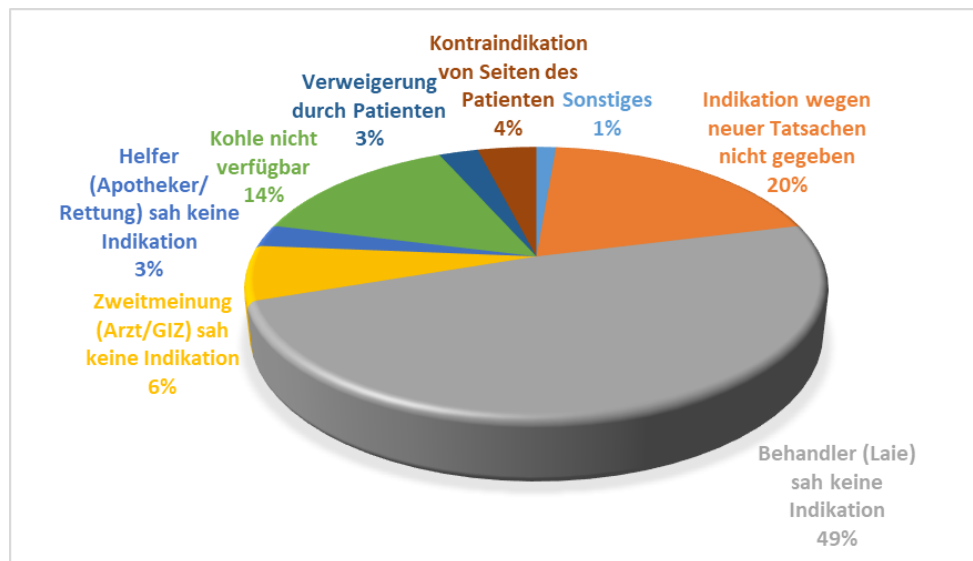


Abb. 5.1. 6: Kreisdiagramm: Gründe für nicht erfolgte Kohlegabe in Prozent [%]

In 37/76 (49%) sah der Behandler selbst keine Indikation zur Applikation, in 15/76 (20%) war die Indikation aufgrund neuer Erkenntnisse - z. B. dem Auffinden der vermeintlich geschluckten Tablette - nicht mehr gegeben. Mit der „Sonstiges“ werden vom Befragten nicht näher spezifizierbare Ursachen zusammengefasst.

5.1.7. Darreichungsform der Aktivkohle

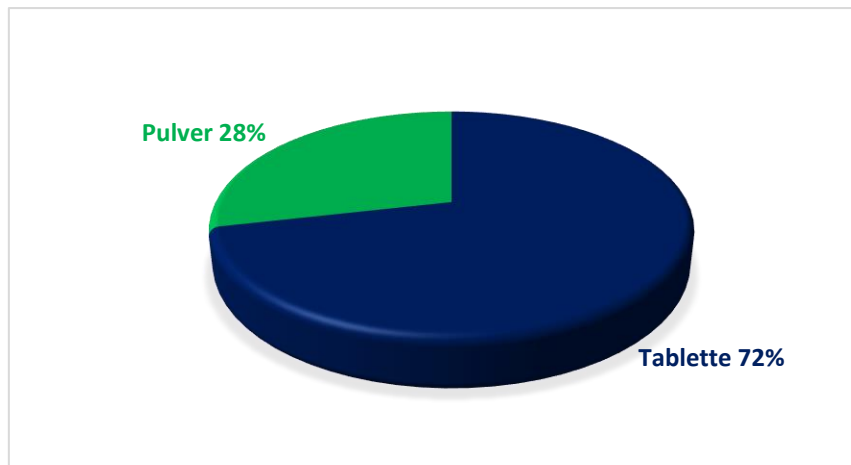


Abb. 5.1. 7: Kreisdiagramm: Darreichung der Aktivkohle [Kategorie] in Prozent [%]

In 72% wurden Aktivkohletabletten verwendet.

5.1.8. Herkunft der Aktivkohle

Abb. 5.1. 8 zeigt die Herkunftsorte der AK, hierbei überwiegt mit 67% (94/141) die außerklinische Beschaffung beispielsweise aus der Apotheke oder Arztpraxis.

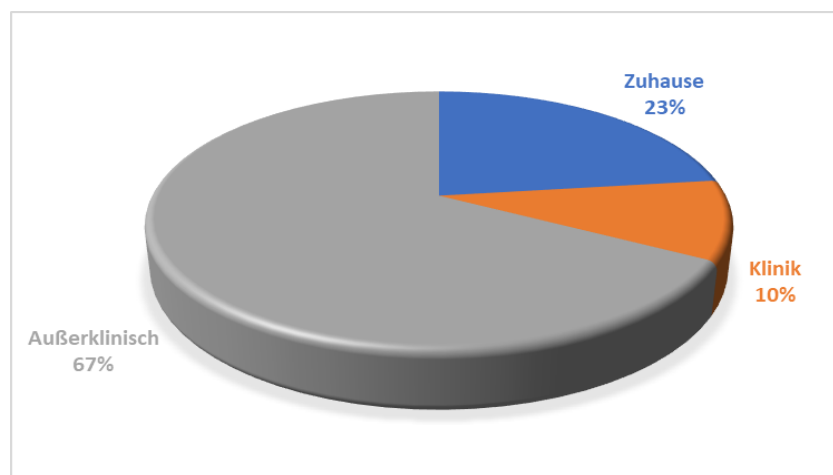


Abb. 5.1. 8: Kreisdiagramm: Beschaffungsorte der Aktivkohle in Prozent [%]

In 10% (15/141) wurde AK in der Klinik beschafft und in 23% (32/141) lag AK bereits häuslich bevorratet vor. Im Gegensatz zur Untersuchung unter Kapitel 4.8. wurde die AK in keinem Fall vom Rettungsdienst organisiert.

5.1.9. Ort der Aktivkohleverabreichung

Tab. 5.1. 9: Unfallort [Kategorie] gegenüber dem Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Ort der Verabreichung [Kategorie]				Gesamt
		Apotheke	Klinik	[n] Kohlegabe zu Hause, Kohle vorrätig	Kohlegabe zu Hause, Beschaffung von extern	
Unfallort [Kategorie]	Kindergarten, Schule, betreute Einrichtung	0	0	0	4	4
	Zuhause	10	14	30	79	133
Gesamt [n]		10	14	30	83	137

Tab. 5.1. 9 zeigt den Ort der Aktivkohleverabreichung gegenüber dem Ingestionsort. In 133/137 (97%) Fällen ereignete sich der Unfall im häuslichen Umfeld, hierbei erfolgte in 113 (83%) Fällen die Verabreichung zu Hause. In 30 (22%) dieser Fälle lag AK bereits häuslich bevorratet vor. In 24 (18%) Fällen wurde AK in der Klinik oder Apotheke verabreicht, obwohl sich die Ingestion häuslich ereignete.

5.1.10. Komplikationen

Tab. 5.1.10. 1 gibt einen Überblick über die Häufigkeit der Komplikationen unabhängig von erfolgter oder nicht erfolgter AK-Applikation. Hierbei kam es - ähnlich dem Gesamtkollektiv - am häufigsten mit 14% zur Verweigerung durch den Patienten.

Tab. 5.1.10. 2 zeigt die Häufigkeit der Komplikation bei erfolgter Applikation. In 76% (104/137) traten keinen Komplikationen auf, in 21% wurde von Verweigerung sowie in 4% von Erbrechen berichtet.

Schwerwiegende Komplikationen konnten nicht beobachtet werden.

Tab. 5.1.10. 1: Häufigkeit [n] der Komplikationen [Kategorie]

		Häufigkeit [n]	Prozent [%]
Komplikationen [Kategorie]	Erbrechen	5	3
	keine	178	83
	Verweigerung	30	14
	Gesamt	213	100

Tab. 5.1.10. 2: Aktivkohleapplikation [ja/nein] gegen Komplikationen [Kategorie]

		AK-Applikation [ja/nein]		Gesamt (%)
		[n]		
		keine Kohle	Kohle gegeben	
Komplikationen [Kategorie]	Erbrechen	0	5	5 (2%)
	keine	74	104	178 (84%)
	Verweigerung	2	28	30 (14%)
Gesamt [n]		76	137	213 (100%)

5.2. Untersuchung möglicher Einflussgrößen im eingeschränkten Kollektiv

Um die Umsetzbarkeit der Empfehlung im eingeschränkten Kollektiv zu untersuchen, erfolgte die Analyse, analog zum Gesamtkollektiv, anhand einer multifaktoriellen Regressionsanalyse und ANOVA. Ziel hierbei war es, durch Betrachtung möglichst vieler Abhängigkeiten den Bias klein zu halten.

5.2.1. Wie häufig konnte Aktivkohle gegeben werden in Abhängigkeit von Patientenalter und Suspensionsmittel

Mit logistischer Regression und ANOVA wurde der Effekt des Patientenalters sowie des Angebots an AK in verschiedenen Suspensionsmitteln (Saft, Wasser, Brei, Limonade, ohne Vesikel „pur“) auf die Umsetzung der Empfehlung untersucht. Das Patientenalter wurde in Jahren angegeben.

Betrachtet man die Chance der Aktivkohleapplikation in Abhängigkeit vom Alter des Patienten ergibt sich eine OR von 0,996 (KI 95% OR: 0,977-1,015) pro Lebensjahr des Patienten, d. h. mit Zunahme des Lebensalters um ein Jahr nimmt die Chance zur Aktivkohlegabe um 0,4% ab, dies ist vergleichbar mit dem Gesamtkollektiv.

Die Varianzanalyse zeigt, dass das Patientenalter die Chance zur Aktivkohlegabe **nicht signifikant** ($p=0,671$) beeinflusst.

Auch das empfohlene Suspensionsmittel hat **keinen signifikanten** ($p=0,354$) Einfluss auf die Chance zur Aktivkohleapplikation. Vergleicht man exemplarisch die Empfehlung zur Verabreichung mit Wasser gegenüber der mit Saft ergibt sich eine OR von 1,439 (KI 95% OR: 0,667-3,104), d. h. durch Empfehlung zur Verabreichung mit Wasser nimmt die Chance zur Applikation um knapp 44% zu.

Tab. 5.2. 1: Häufigkeit [n] der verwendeten Suspensionsmittel [Kategorie]

		Häufigkeit [n]	Prozent [%]
Suspensionsmittel [Kategorie]	Brei	11	8
	Limonade	3	2
	Pur	4	3
	Saft	56	40
	Wasser	65	47
	Gesamt	139	100

5.2.2. Latenzzeit – Anruf bis Beginn der Kohlegabe in Abhängigkeit vom Applikationsort

Mittels linearer Regression und ANOVA wurden mögliche Einflussgrößen auf die Latenzzeit betrachtet. Die Zeitangabe wurde vom Befragten in Minuten geschätzt.

Die Orte der Verabreichung wurden wie in Kap. 4.2.3. beschrieben kategorisiert.

Erfolgte die Applikation zu Hause und war AK dort vorrätig, lag die mittlere Latenzzeit bei 7 ± 5 Minuten (KI 95%: 5-9 Minuten). Musste AK vor häuslicher Verabreichung zuvor von extern besorgt werden, lag die Latenzzeit bei 30 ± 19 Minuten (KI 95%: 26-35 Minuten).

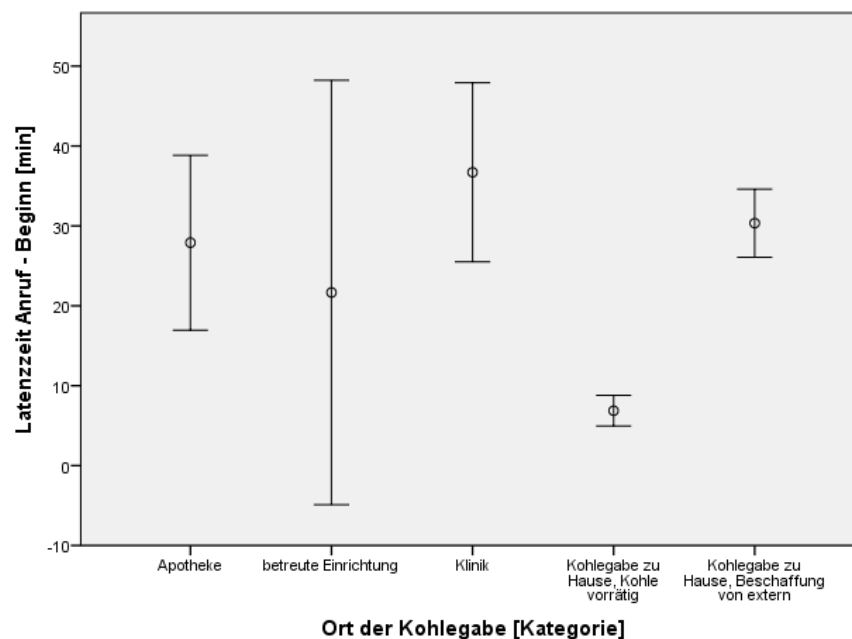


Abb. 5.2. 2: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der Latenzzeit [min] von Anruf bis Beginn der Aktivkohle nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

Erfolgte die Beschaffung und Applikation in der Klinik, betrug diese 37 ± 20 Minuten (KI 95%: 26-48 Minuten) im Mittelwert. Wurde AK in der Apotheke besorgt und appliziert, lag die Latenzzeit im Mittel bei 28 ± 15 Minuten (KI 95%: 17-39 Minuten).

Die Varianzanalyse bestätigt erwartungsgemäß die Hypothese, dass die Zeit zwischen Anruf und Beginn der Kohlegabe **signifikant** ($p < 0,0001$) kürzer ist, wenn AK gleich am

Unfallort verfügbar ist und nicht erst beschafft werden muss. Zudem kann gezeigt werden, dass die Latenzzeit zwischen Anruf und Applikationsbeginn kürzer ist, wenn die AK in der nächsten erreichbaren Apotheke gegeben wird und nicht in einer Klinik beschafft werden muss.

Fazit: Durch häusliche Bevorratung ist eine **signifikante** ($p < 0,0001$) Zeitersparnis von 30 Minuten gegenüber der Beschaffung in einer Klinik sowie 24 Minuten Zeitvorteil gegenüber der Beschaffung von extern möglich.

5.2.3. Applikationsmenge in Abhängigkeit von Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung, Beschaffungsort sowie Darreichung

Die Analyse erfolgt mittels linearer Regression und ANOVA.

Die Applikationsmenge wurde als absolute Mengenangabe in Gramm vom Anrufer geschätzt.

Es zeigt sich, dass sowohl das verwendete Suspensionsmittel ($p = 0,001$), sowie das Patientenalter ($p < 0,0001$) und die Darreichungsform der AK ($p = 0,001$) **signifikanten** Einfluss auf die Applikationsmenge nehmen.

Tab. 5.2.3. 1: Applikationsmenge [g] nach Patientenalter [Kategorie]

Patientenalter [Kategorie]	Applikationsmenge [g]			KI 95% für Median
	Median	25. Quartil	75. Quartil	
Säugling 0 - 1 Jahr	3	8	3	4-8
Kleinkind 1 - 5 Jahre	2	10	2	5-10
Schulkind 6 - 11 Jahre	1	15	1	1-15
Jugendlich 12 - 17 Jahre	8	8	8	n.a.
Erwachsen 18 - 65 Jahre	10	40	10	10-50
Senior > 65 Jahre	10	20	10	n.a.

Wie in Kapitel 4.2.5. beschrieben, sind die Ergebnisse vorhersehbar, da sich die empfohlene Menge am Körpergewicht des Patienten orientiert.

Tab. 5.2.3. 2 zeigt die Applikationsmenge in Abhängigkeit vom verwendeten Suspensionsmittel. Die größte Menge AK konnte durch Verwendung von Limonade mit 50 g (IQR: 18-50 g) appliziert werden, gefolgt von Wasser (10 g) und Saft (5 g).

Tab. 5.2.3. 2: Applikationsmenge [g] nach Suspensionsmittel [Kategorie]

		Applikationsmenge [g]			KI 95% für
		Median	25. Quartil	75. Quartil	Median
Suspensionsmittel [Kategorie]	Brei	5	3	6	5-15
	Limonade	50	18	50	50-50
	pur	4	1	9	1-10
	Saft	5	3	8	5-8
	Wasser	10	3	13	10-15

Tab 5.2.3. 3 zeigt die Applikationsmenge nach Darreichung und Suspensionsmittel. Ähnlich dem Gesamtkollektiv konnte mithilfe von Pulver mehr AK verabreicht werden als durch Zuhilfenahme von Tabletten. Durch Limonade konnten im Median 50 g mit Pulver gegenüber 18 g mittels Tabletten verabreicht werden. Ähnliches zeigt die Verabreichung in Wasser mit 10 g mittels Pulver gegenüber 6 g mittels Tabletten.

Tab. 5.2.3. 3: Applikationsmenge [g] nach Darreichung [Kategorie] und verwendetem Suspensionsmittel [Kategorie]

				Applikationsmenge [g]			
				Median	25. Quartil	75. Quartil	KI 95% für Median
Darreichung [Kategorie]	Tablette	Suspensionsmittel [Kategorie]	Brei	5	3	6	5-15
			Limonade	18	18	18	n.a
			pur	4	1	9	1-10
			Saft	4	1	8	3-6
			Wasser	6	3	10	3-10
	Pulver	Suspensionsmittel [Kategorie]	Limonade	50	50	50	n.a
			Saft	8	5	12	5-10
			Wasser	10	10	18	10-18

Die Varianzanalyse zeigt, dass das Suspensionsmittel **signifikanten** ($p=0,001$) Einfluss auf die Applikationsmenge nimmt.

Der Ort der Aktivkohlegabe nimmt **keinen signifikanten** ($p=0,177$) Einfluss auf die Applikationsmenge.

Tab. 5.2.3. 4: Applikationsmenge [g] nach Applikationsort [Kategorie]

		Applikationsmenge [g]			KI 95% für Median
		Median	25. Quartil	75. Quartil	
Applikationsort [Kategorie]	Außerklinisch	4	4	8	4-10
	Klinik	11	10	50	10-50
	Zuhause	5	3	10	5-8

Die Darreichungsform der AK (Pulver/Tablette) hat **signifikanten** ($p=0,001$) Einfluss auf die absolute Applikationsmenge, durch Verwendung von Aktivkohlepulver konnten im Median 10 g (IQR: 7-18 g) gegenüber 5 g (IQR: 2-10 g) mit Tabletten verabreicht werden.

Tab. 5.2.3. 5: Applikationsmenge [g] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]

		Applikationsmenge [g]			KI 95% für Median
		Median	25. Quartil	75. Quartil	
Darreichung [Kategorie]	Tablette	5	2	10	5-8
	Pulver	10	7	18	10-15

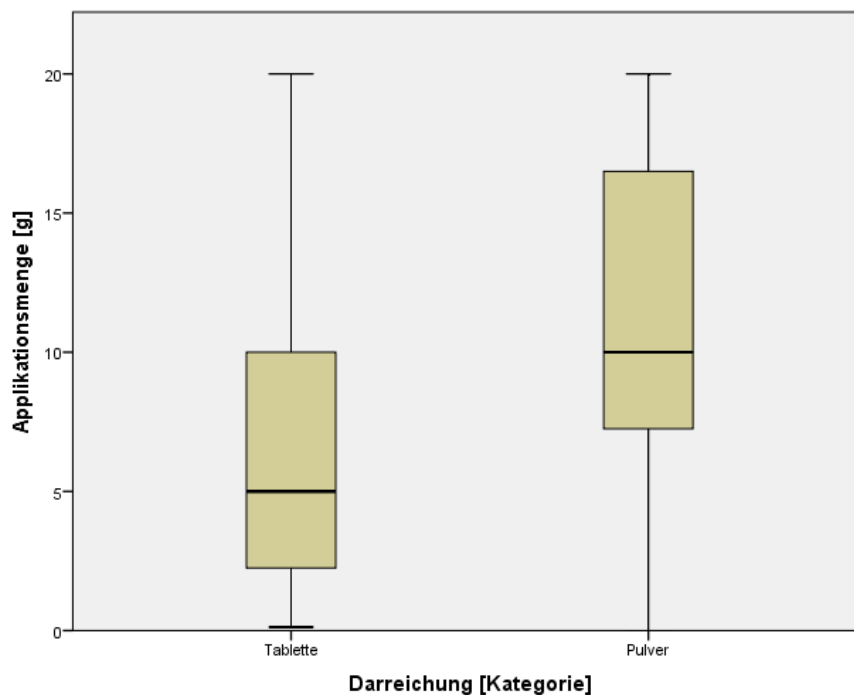


Abb. 5.2. 3: Box-plot: Applikationsmenge [g] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]

Fazit: Durch Verwendung von AK Pulver konnte **signifikant** ($p=0,001$) mehr AK verabreicht werden. Der Ort der Verabreichung hat **keinen signifikanten** ($p=0,177$) Einfluss auf die Applikationsmenge.

5.2.4. Korrelation zwischen Vollständigkeit der Aktivkohle und Patientenalter, Suspensionsmittel, Ort der Verabreichung, Beschaffungsort sowie Darreichung und Applikationsart

Die Analyse erfolgt mittels logistischer Regression und ANOVA.

Die Mengenangabe unterliegt der Schätzung des Befragten und wurde als 100% von der Empfehlung angegeben.

Bezogen auf die Vollständigkeit der Applikation zeigt sich, dass mit Zunahme des Patientenalters um ein Lebensjahr die Chance zur vollständigen Applikation mit einer OR von 1,005 (KI 95%: 0,979-1,032) gleich bleibt.

Die Varianzanalyse zeigt, dass das Patientenalter **keinen signifikanten** ($p=0,685$) Einfluss auf die Chance zur vollständigen Applikation hat. Im Unterschied zum vorherigen Kapitel spielt hier das Körpergewicht des Patienten keine Rolle, da die Menge in Prozent von der Empfehlung (= 100%) angegeben wurde.

Tab. 5.2.4. 1: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Patientenalter [Kategorie]

		<i>Applikationsmenge [%] von der Empfehlung</i>		
		<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>KI 95% für Mittelwert</i>
<i>Patientenalter [Kategorie]</i>	<i>Säugling 0 - 1 Jahr</i>	43	±40	32-54
	<i>Kleinkind 1 - 5 Jahre</i>	36	±41	28-44
	<i>Schulkind 6 - 11 Jahre</i>	21	±37	6-37
	<i>Jugendlich 12 - 17 Jahre</i>	75	<i>n.a</i>	<i>n.a</i>
	<i>Erwachsen 18 - 65 Jahre</i>	35	±39	21-49
	<i>Senior > 65 Jahre</i>	58	±46	16-100

Bezogen auf das empfohlene Suspensionsmittel kann gezeigt werden, dass die Chance durch Verwendung von Wasser im Vergleich zu Saft um ca. 13% abnimmt (OR 0,875; KI 95%: 0,309-2,473).

Im Mittelwert konnten durch Wasser 56% (KI 95%: 47-66%) sowie durch Saft 57% (KI 95%: 47-66%) der empfohlenen Aktivkohledosis verabreicht werden. Mithilfe von Limonade konnte in drei Fällen 100% verabreicht werden.

Die Suspensionsmittel beeinflussen die Chance zur vollständigen Aktivkohleapplikation **nicht signifikant** ($p=0,801$).

Analysiert man den Einfluss des Applikationsortes zeigt sich, dass durch Verabreichung und Bevorratung zu Hause im Vergleich zur Beschaffung von extern die Chance zur vollständigen Applikation mit einer OR von 0,356 (KI 95%: 0,02-6,477) und damit um 65% abnimmt.

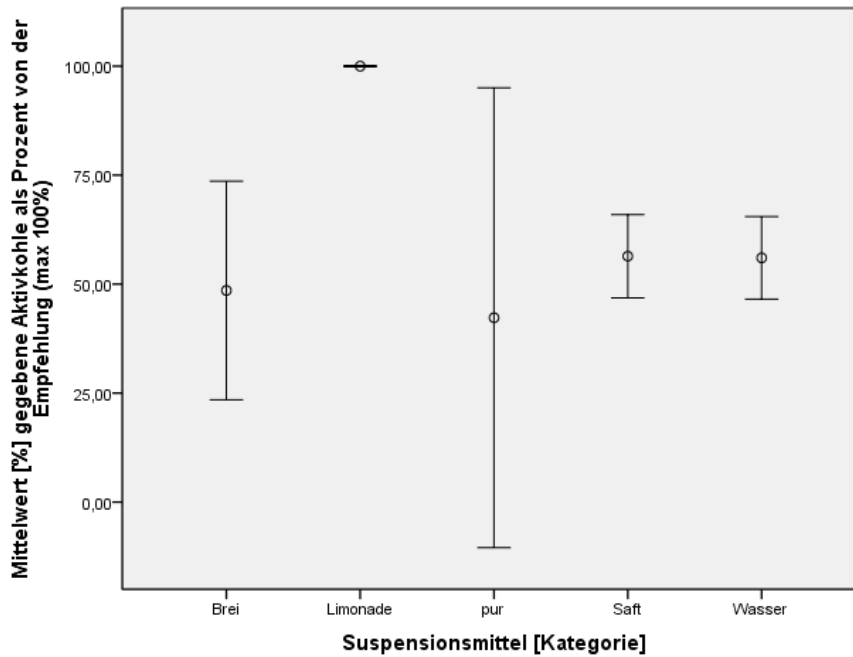


Abb. 5.2. 4: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der gegebenen Aktivkohle in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Suspensionsmittel [Kategorie]

Vergleicht man die Chance auf Vollständigkeit der Verabreichung mittels Beschaffung und Verabreichung in der Klinik mit der Kohlegabe im häuslichen Umfeld und vorheriger Beschaffung von extern, zeigt eine OR von 4,106 (KI 95%: 1,059-15,927) eine Zunahme der Chance um den Faktor 4.

Tab. 5.2.4. 2: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Ort der Kohlegabe [Kategorie]

Applikationsmenge [%] von der Empfehlung

		Mittelwert	Standardabweichung	KI 95% für Mittelwert
Ort der Kohlegabe [Kategorie]	Apotheke	64	±33	41-87
	Außerklinisch	54	±40	33-77
	Klinik	78	±40	56-99
	Kohlegabe zu Hause, Kohle war daheim vorrätig	51	±39	37-66
	Kohlegabe zu Hause aber Kohle von extern	55	±36	47-63
	Zuhause gesamt	53	±37	46-60

Wird AK in der Apotheke beschafft und verabreicht, nimmt die Chance auf vollständige Applikation im Vergleich zur Beschaffung von extern und häuslicher Verabreichung um ein Prozent ab (OR 0,991; KI 95%: 0,228-4,406).

Die Vollständigkeit der Verabreichung unterscheidet sich **nicht signifikant** ($p=0,427$) innerhalb der Applikationsorte.

Betrachtet man den Beschaffungsort zeigt sich, dass die Chance zur vollständigen Verabreichung durch bereits vorhandene AK um den Faktor 3 zunimmt (OR 3,105; KI 95%: 0,181-53,467).

Insgesamt kann gezeigt werden, dass der Beschaffungsort der AK **keinen signifikanten** ($p=0,435$) Einfluss auf die Vollständigkeit der Applikation ausübt.

Die relativ zur empfohlenen, tatsächlich applizierte Kohlemenge unterscheidet sich zugunsten der Darreichungsform Pulver (69%) zu Tablette (51%), wobei dieser **keine statistische Signifikanz** ($p=0,114$) erreicht.

Tab. 5.2.4. 3: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]

		Applikationsmenge [%] von der Empfehlung		
		Mittelwert	Standardabweichung	KI 95% für Mittelwert
Darreichung [Kategorie]	Tablette	51	37	44-58
	Pulver	69	36	58-81

Fazit: Die Chance zur vollständigen Applikation wird **weder signifikant** durch das Lebensalter ($p=0,685$), noch das verwendete Lösemittel ($p=0,801$), den Beschaffungsort ($p=0,435$) oder den Ort der Verabreichung ($p=0,427$) sowie die Darreichungsform ($p=0,114$) beeinflusst.

5.2.5. Applikationsdauer in Abhängigkeit von Patientenalter, Suspensionsmittel, der Darreichung sowie dem Applikationsort

Die Analyse erfolgt mittels linearer Regression und ANOVA.

Bezogen auf die Applikationsdauer kann gezeigt werden, dass weder das Patientenalter ($p=0,118$), noch das verwendete Suspensionsmittel ($p=0,637$), der Applikationsort ($p=0,953$), die Darreichung der AK ($p=0,638$) und die Applikationsart ($p=0,613$) **einen signifikanten Einfluss** nehmen.

Tab. 5.2.5. 1: Applikationsdauer [min] nach Patientenalter [Kategorie]

		Applikationsdauer [min]			KI 95% für Median
		Median	25. Quartil	75. Quartil	
Patientenalter [Kategorie]	Säugling 0 - 1 Jahr	20	10	30	15-30
	Kleinkind 1 - 5 Jahre	10	5	20	10-15
	Schulkind 6 - 11 Jahre	5	1	10	1-10
	Jugendlich 12 - 17 Jahre	10	10	10	n.a.
	Erwachsen 18 - 65 Jahre	10	5	10	10-20
	Senior > 65 Jahre	10	5	60	5-60

Tab. 5.2.5. 1 zeigt die Applikationsdauer nach Patientenalter, die kürzeste Applikationsdauer wurde bei Schulkindern mit 5 Minuten (IQR: 1-10 Minuten) erreicht. Die längste Applikationsdauer wurde in der Kategorie der Säuglinge (20 Minuten; IQR: 10-30 Minuten) sowie bei den Senioren (10 Minuten; IQR: 5-60 Minuten) erreicht. Betrachtet man das Suspensionsmittel, zeigt sich im Median eine Applikationsdauer von 15 Minuten für Saft (IQR: 5-30 Minuten), gefolgt von 13 Minuten für Brei (IQR: 6-20 Minuten), 10 Minuten für Limonade (IQR: 7-20 Minuten) sowie 10 Minuten für Wasser (IQR 5-20 Minuten) und 6 Minuten für die pure Verabreichung ohne Vesikel (IQR: 1-10 Minuten).

Die Unterschiede erreichen **keine statistische** Signifikanz ($p=0,637$).

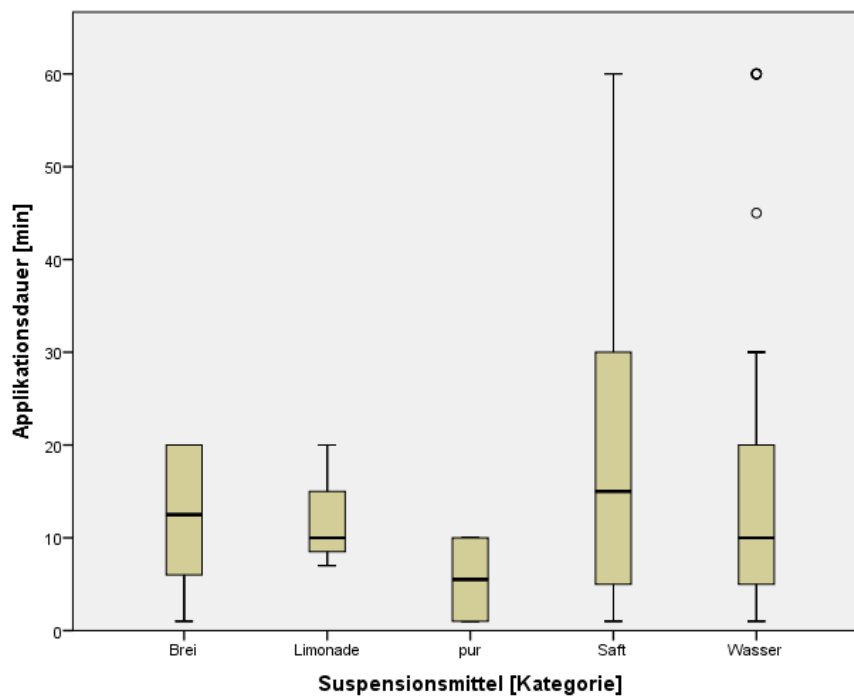


Abb. 5.2. 5: Box-plot: Applikationsdauer [min] nach Suspensionsmittel [Kategorie]

Durch Verwendung von Aktivkohlepulver und -tabletten erfolgte die Applikation im Median in 10 Minuten (IQR: Pulver 10-20 Minuten; IQR: Tablette 5-20 Minuten).

Die Darreichung der AK beeinflusst die Applikationsdauer **nicht signifikant** ($p=0,953$).

Tab. 5.2.5. 2: Applikationsdauer [min] nach Ort der Aktivkohlegabe [Kategorie]

		Applikationsdauer [min]			KI 95% für Median
		Median	25. Quartil	75. Quartil	
Ort der Aktivkohlegabe [Kategorie]	Außerklinisch	15	10	20	15-30
	Klinik	10	5	15	10-60
	Zuhause	10	5	30	10-15

Die Applikationsdauer wird zudem **nicht signifikant** ($p=0,953$) vom Ort der Verabreichung beeinflusst, im Median erfordert diese sowohl in der Klinik als auch zu Hause 10 Minuten.

Fazit: Wie im Gesamtkollektiv scheint auch bei Laienbehandlung das Patientenalter ($p=0,118$) sowie das Suspensionsmittel ($p=0,637$), die Darreichung ($p=0,953$) und der

Applikationsort ($p=0,953$) **keinen signifikanten** Einfluss auf die Applikationsdauer zu nehmen. Dennoch scheint durch Verwendung von Aktivkohlepulver die Applikationszeit geringer zu sein.

5.2.6. Applikationsdauer in Abhängigkeit vom Vorliegen von Vergiftungssymptomen

Mithilfe des Mann-Whitney-U-Test kann gezeigt werden, dass das Vorliegen von Vergiftungssymptomen **keinen signifikanten** ($p=0,843$) Einfluss auf die Applikationsdauer nimmt.

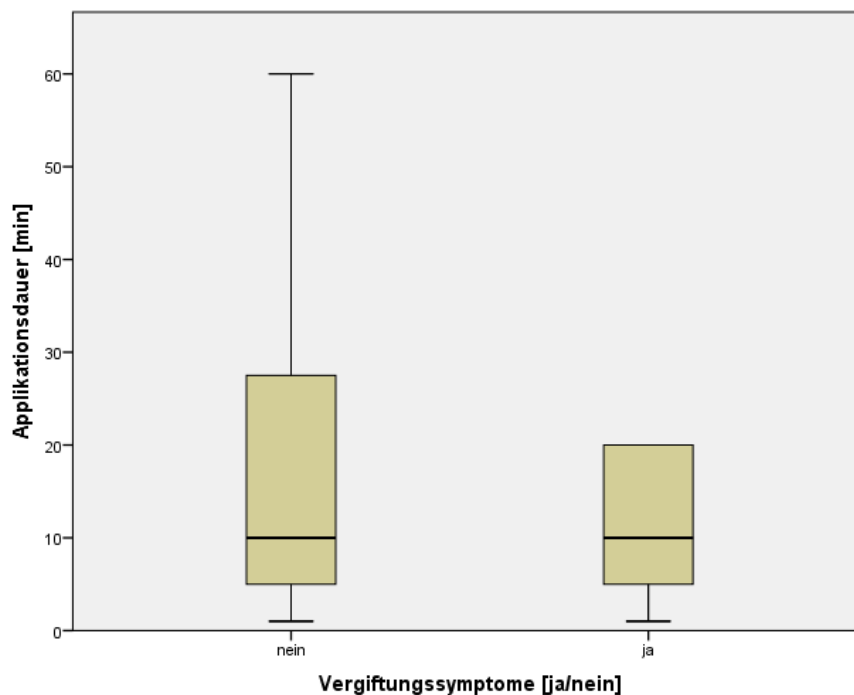


Abb. 5.2. 6: Box-plot: Applikationsdauer [min] nach Vergiftungssymptomen

Im Median lag die Applikationsdauer bei Vorliegen von Vergiftungssymptomen bei 10 Minuten (IQR 5-20 Minuten) sowie bei Fehlen von Symptomen bei 10 Minuten (IQR 5-30 Minuten).

5.2.7. Komplikationen in Abhängigkeit vom Ort der Aktivkohlegabe

Zur Untersuchung des Einflusses des Verabreichungsortes auf die Chance für das Auftreten von Komplikationen wurde eine Analyse mittels des exakten Tests nach Fischer durchgeführt.

Tab. 5.2.7. 1: Komplikation [ja/nein] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Ort der Aktivkohlegabe [Kategorie]			Gesamt (%)
		[n]			
Komplikation [ja/nein]	keine Komplikation	Außerklinisch	Klinik	Zuhause	
		Komplikation	12 (92%)	13 (93%)	79 (71%)
		1 (8%)	1 (7%)	33 (19%)	35 (25%)
Gesamt [n]		13	14	112	139 (100%)

Dieser zeigt - ähnlich zum Gesamtkollektiv - das der Ort der Aktivkohlegabe einen **signifikanten** ($p=0,022$) Einfluss auf die Chance zum Auftreten von Komplikationen zu nehmen scheint.

Tab. 5.2.7. 2: Art der Komplikationen [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]

		Ort der Aktivkohlegabe [Kategorie]			Gesamt (%)	
		[n]				
Komplikationen [Kategorie]	Erbrechen	Außerklinisch	Klinik	Zuhause		
		Keine	0	0	5	5 (3%)
		Verweigerung	12	13	79	104 (75%)
		1	1	28	30 (22%)	
Gesamt [n]		13	14	112	139 (100%)	

Bei Verabreichung in der Klinik und Apotheke/Arztpraxis wurden nach 7% bzw. 8% der Applikationen über Komplikationen, inklusive Verweigerung durch den Patienten berichtet, bei der Applikation zu Hause hingegen in 19%.

Bei den beobachteten Komplikationen kam es in keinem der Fälle zu schwerwiegenden oder lebensbedrohlichen Ereignissen.

6. Diskussion

6.1. Zur präklinischen Verfügbarkeit von Aktivkohle

Durch präklinische Beratung der Giftinformationszentralen und Entscheidungsfindung zur Therapie können unnötige klinische Vorstellungen vermieden und damit Kosten im Gesundheitssystem gespart werden. Untersuchungen aus dem Ausland legen diesen ökonomischen Faktor dar (Friedman et al., 2014; Galvao et al., 2012; LoVecchio et al., 2008).

Häufig ereignet sich die Ingestion potenziell toxischer Substanzen im Haushalt, der Schule, betreuten Einrichtungen sowie in psychiatrischen Kliniken oder Haftanstalten, allesamt Orte, die für eine Bevorratung von AK geeignet wären. Eine prophylaktische Bevorratung und Verabreichung durch nicht medizinisch geschultes Personal wäre unseren Ergebnissen zur Folge mit geringstem Zeitverlust (vgl. Kap. 5.2.2.) und vergleichbarer „Qualität“ (vgl. Kap. 5.2.3.) durchzuführen, ein Umstand, der bereits in vorherigen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte (Jurgens et al., 2009; Lamminpaa et al., 1993).

Eine Bevorratung von AK wäre demnach sowohl logistisch umsetzbar als auch mit einer Optimierung der Therapie und einer anzunehmenden Verringerung der Gesundheitskosten verbunden.

Zur Beantwortung der Frage, wie oft AK an potenziell geeigneten Orten sowie bei Ausreichen einer Behandlung durch nicht medizinisch geschultes Personal („Laien“) bevorratet war, müssen aus dem Gesamtkollektiv der 548 untersuchten Fälle mit Empfehlung zur Kohlegabe solche ausgewertet werden, bei denen sich die Patienten nicht in ärztlicher Obhut befanden. Dies ist anzunehmen, wenn sich die Auswertung

auf 182 Fälle beschränkt, bei denen Laien (meist Angehörige) den Giftnotruf konsultierten und auch tatsächlich AK gegeben wurde. Von diesen gaben 42 Anrufer an, AK bevorratet zu haben (42/182 Fälle (23%)). Streng genommen müssen diesem Kollektiv auch Fälle zugeordnet werden, für deren Unterlassen eine fehlende Verfügbarkeit von AK als Ursache angegeben wurde (34 Fälle).

Unter Einbeziehung dieser Fälle sinkt die Quote mit optimaler Vorsorge für eventuelle Vergiftungsfälle auf $42 / (182 + 34) = 20\%$ im untersuchten Kollektiv.

In einer sehr konservativen Betrachtung haben wir das Untersuchungskollektiv noch weiter eingeschränkt. Hier wurden nur Fälle nach Laienanrufen untersucht, für die folgende weitere Bedingungen zutrafen (Kap. 5):

- Kohlegabe und Observation durch Laien ausreichend
- Sowohl Unfallort als auch Ort des Anrufs für präventive AK Lagerung geeignet
- Anruf < 60 Minuten nach Ingestion der potenziellen Noxe
- AK wurde tatsächlich verabreicht

Für 137 Fälle trafen diese strengen Kriterien zu. Hierbei wurde in 113 Fällen die AK am Ingestionsort (= in allen Fällen häusliche Umgebung) verabreicht.

In 30 der 113 Fälle (27%) war AK präventiv gelagert. Unter Berücksichtigung von 11 Fällen, deren Aktivkohlegabe wegen Nichtverfügbarkeit unterblieb, sowie 10 Fällen mit Gabe in Apotheken, reduziert sich die Quote präventiver Aktivkohlelagerung auf $30 / (113+11+10) = 23\%$.

In 14 der 137 Fälle der strengen Fallauswahl erfolgte die Aktivkohlegabe nach Beratung in Kliniken, obwohl es keine Indikation hierfür gab. Unter der Annahme, dass in diesen 14 Fällen die Klinikbehandlung wegen anderweitiger Nichtverfügbarkeit der

AK erfolgt war, ergibt sich eine Quote von präventiver Aktivkohlebevorratung von 30 / (113+10+11+14) = 21%.

Fazit ist also, dass nur in einem Fünftel bis einem Viertel der Fälle, für die präventive Aktivkohlebevorratung sinnvoll gewesen wäre, tatsächlich Kohle bevorratet war.

Vergleicht man unsere Daten mit Untersuchungen zur präklinischen Verfügbarkeit von AK aus Finnland (Lamminpaa et al., 1993), hatten dort 41% der Fälle AK häuslich bevorratet, in Kentucky, USA hingegen 9,6% (Spiller& Rodgers, 2001).

Mit 21% liegen die Daten aus Süddeutschland demnach zwischen denen aus Finnland und den USA.

6.2. Zur Zeitersparnis durch Applikation und Bevorratung im Laienumfeld

Lag AK bereits bevorratet am Unfallort vor, betrug die Latenzzeit zwischen Anruf und Beginn der Applikation im Mittelwert 7 (\pm 5) Minuten (Siehe Kapitel 4.2.3.). Erfolgte nach Anruf die Beschaffung von extern, die Applikation allerdings am Unfallort (meist häuslich), lag die Latenzzeit im Mittelwert bei 29 (\pm 19) Minuten. Durch eine Bevorratung von AK am Unfallort ergab sich gegenüber der Beschaffung von extern ein statistisch signifikanter Zeitvorteil ($p < 0,0001$) von 22 Minuten. Auch im eingeschränkten Patientenkollektiv zeigte sich durch Bevorratung der AK im häuslichen Umfeld mit 23 Minuten im Mittelwert ein signifikanter ($p < 0,0001$) Zeitvorteil (Kohle bevorratet Mittelwert 7 \pm 5 Minuten, Beschaffung von extern Mittelwert 30 \pm 19 Minuten). Dieser Zeitunterschied ist bedeutend, wenn man die Abnahme der Adsorptionskapazität der AK gegenüber Toxinen mit steigender Latenzzeit zwischen Noxen- und Aktivkohleingestion betrachtet: Ein Zeitverlust von 22 Minuten bedeutet

etwa 34% verminderte Toxinadsorption, wie sich aus der grafischen Zusammenfassung zu Literaturangaben betreffend humanen in vivo Untersuchungen ableiten lässt (Abb. 6. 2) (Bond, 2002; Chyka et al., 2005; Isbister& Kumar, 2011; Jurgens et al., 2009).

Unter der logischen Annahme, dass die prozentuale Adsorptionskapazität der AK mit der Zeit in einer Funktion erster Ordnung abnimmt, lässt sich durch Literaturdaten eine Exponentialkurve ($r^2 = 0,996$) mit der Formel $\% \text{ Ads} = 86,6 \times e^{-0,0124 \times t[\text{min}]}$ legen.

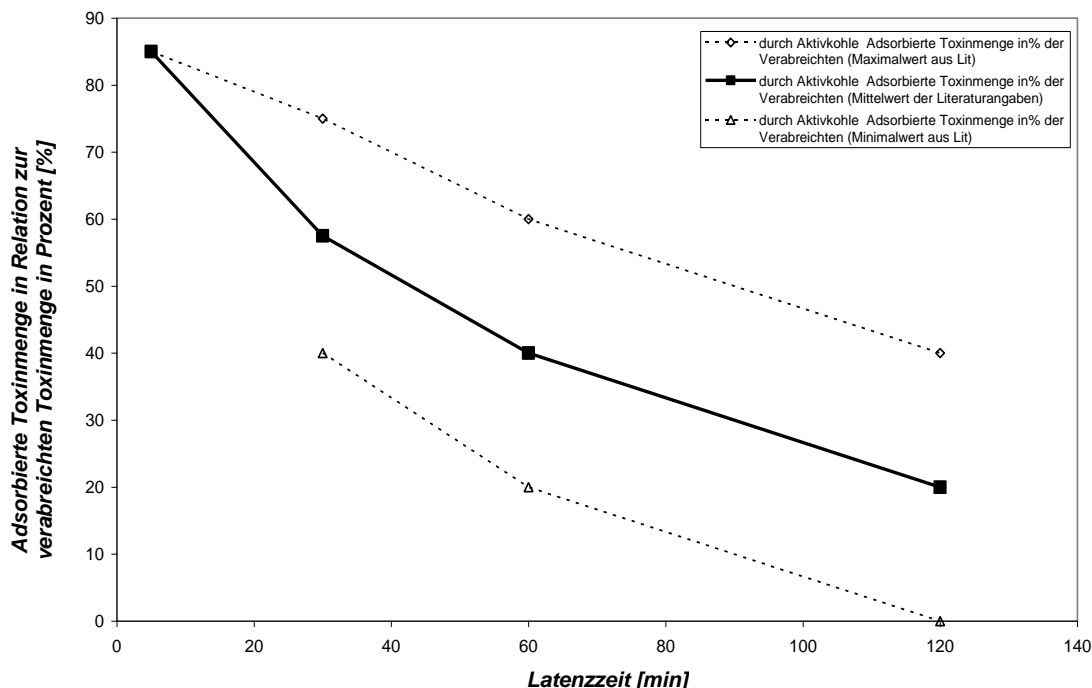


Abb. 6. 2: Diagramm: zusammengefasste Literaturangaben zur Toxinadsorption in Abhängigkeit von der Zeit zwischen Ingestion und Aktivkohlegabe

(Bond, 2002; Chyka et al., 2005; Isbister& Kumar, 2011; Jurgens et al., 2009)

Mit dieser Formel berechnet sich der relative Verlust an Adsorptionskapazität je 22 Minuten auf 34%.

Verglichen der finnischen Studie von Lamminpaa et al., ergeben sich ähnliche Latenzzeiten von Anruf bis Beginn der Aktivkohleapplikation durch Bevorratung im häuslichen Umfeld, die Latenzzeit betrug dabei 24,5 Minuten verglichen mit der Beschaffung von extern mit 41,6 Minuten ($p < 0,001$) (Lamminpaa et al., 1993).

Eine amerikanische Studie aus Kentucky (Spiller & Rodgers, 2001) vergleicht die Latenzzeit von Ingestion bis Beginn der Aktivkohleapplikation zunächst in der Notaufnahme mit 73 Minuten im Mittelwert gegenüber der häuslichen Verabreichung mit 38 Minuten (Zeitersparnis ca. 35 Minuten). Auch hier zeigt sich ein zeitlicher Vorteil durch die häusliche Verabreichung.

In der von uns durchgeführten Untersuchung ergab sich für die Kohlegabe in der Klinik im Gesamtkollektiv eine Latenzzeit von 14 ± 20 Minuten sowie im eingeschränkten Kollektiv von 37 ± 19 Minuten. Erfolgte die Beschaffung in einer professionellen ambulanten Einrichtung (Apotheke, Arztpraxis), konnte eine Latenzzeit von 4 ± 11 Minuten im Gesamtkollektiv erreicht werden, hierbei wurde angenommen, dass der Patient bereits in der Einrichtung vorstellig war.

Selbst wenn AK im eingeschränkten Kollektiv aus der Apotheke besorgt und dort appliziert wurde, war die Latenzzeit mit 28 ± 15 Minuten geringer als durch Beschaffung in der Klinik mit 37 ± 19 Minuten.

Die gewonnenen Ereignisse erlauben sich der Annahme von Allison et al. anzuschließen, die eine Verkürzung der Latenzzeit durch Applikation durch den Rettungsdienst noch vor klinischer Vorstellung empfiehlt (Allison et al., 1997). Auch Wax & Cobaugh et al. empfehlen bei einer Zeitverzögerung von im Mittelwert 82 Minuten bis zum Erhalt der Aktivkohle in der Notaufnahme in ihrem Studienkollektiv, die präklinische Aktivkohlegabe bzw. den Applikationsbeginn während des Transports in die Notaufnahme (Wax & Cobaugh, 1998).

Die prophylaktische Bevorratung von AK im häuslichen Umfeld ist aufgrund der geringen Latenzzeit von 7 ± 5 Minuten in beiden Kollektiven aktiv zu propagieren. Steht diese nicht unmittelbar zur Verfügung, ist der nächstschnellere Beschaffungsweg, z. B. via Apotheke, einer klinischen Vorstellung zu bevorzugen. Der Mittelwert für die

Beschaffung in der Apotheke im Gesamtkollektiv lag bei 22 ± 13 Minuten sowie im enger gefassten Kollektiv bei 28 ± 15 Minuten.

Aus unseren Untersuchungsergebnissen wie auch aus den Ergebnissen der zitierten Studien lässt sich folgern, dass die prophylaktische Bevorratung von AK in jedem Fall propagiert werden sollte. Aus unseren Daten lässt sich weiter schließen, dass bei fehlender prophylaktischer Lagerung durch die Beschaffung auf dem nächstmöglichen Weg, z. B. der Apotheke und der dortigen Verabreichung ebenso wertvolle Zeit gespart werden kann. Es ist zu empfehlen, den Patienten bei Beschaffung von extern mit zum Beschaffungsort zu nehmen und die Applikation unmittelbar nach Erhalt zu beginnen.

6.3. Häufigkeit von unerwünschten Wirkungen

Die in der Literatur beschriebenen Komplikationen durch AK-Applikation sind meist mit einem ungenügenden Schutz der Atemwege vor Aspiration verbunden (Chyka et al., 2005; Greene et al., 2005; Harris & Filandrinos, 1993; Menzies et al., 1988; Pollack et al., 1981). Die beschriebenen Fälle beziehen sich häufig auf Patienten mit Vigilanzminderung. Die Applikation im häuslichen Umfeld betreffend, beschreiben Spiller & Rodgers mit knapp 7% am häufigsten das Auftreten von Erbrechen, schwerwiegende Komplikationen wie Aspiration wurden in keinem der Fälle beobachtet (Spiller & Rodgers, 2001).

In der vorliegenden Studie kam es bei begonnener Aktivkohleapplikation in 20% zu Symptomen, die unter Umständen als unmittelbare Folge der Aktivkohleapplikation gewertet werden können. Am häufigsten trat hierbei die Verweigerung durch den Patienten (13%) gefolgt von Erbrechen (7%) auf (Siehe Tab. 4.1.11. 2).

Auch im enger gefassten Patientenkollektiv kam es bei erfolgter Applikation am häufigsten zur Verweigerung durch den Patienten (21%) gefolgt von Erbrechen (4%) (Siehe Tab. 5.1.10. 2).

Schwerwiegende Komplikationen wurden während des Studienzeitraums in keiner Behandlungsgruppe beobachtet.

Unsere Studie zeigt, dass die Verabreichung von AK durch nicht medizinisches Personal ohne das Auftreten von schwerwiegenden Nebenwirkungen möglich ist, wie sie in der Literatur beschrieben werden (Osterhoudt, Alpern, et al., 2004; Osterhoudt, Durbin, et al., 2004).

Die Inzidenz von milden, unerwünschten Wirkungen entspricht der in der Literatur beschriebenen (Crockett et al., 1996; Lamminpaa et al., 1993; Spiller& Rodgers, 2001).

Innerhalb der Behandlergruppen konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich unerwünschter Wirkungen nachgewiesen werden.

6.4. Applikationsmenge

In dieser Studie erfolgte die vollständige Applikation und damit die Umsetzung der Empfehlung zu 100% in 214/361 (59%) Fällen. In der Behandlungsgruppe mit Ausreichen der alleinigen Laienbehandlung war dies in 45/137 (33%) Fällen möglich. Vergleicht man unsere Studienergebnisse mit Daten aus Finnland, zeigen sich mit 79,4% Applikationsrate merkliche Unterschiede (Lamminpaa et al., 1993). Über die Ursachen kann nur gemutmaßt werden, ein Grund für die geringere Umsetzung mag das Studienkollektiv liefern, bei Lamminpaa et al. wurden nur Kinder < 5 Jahre

eingeschlossen und die mittlere applizierte Aktivkohlemenge lag bei $7,9 \pm 4,2$ g (KI 95% 7,0–8,6 g), wohingegen in unserem Gesamtkollektiv im Mittelwert 25 ± 22 g (KI 95% 23-27 g) sowie im eingeschränkten Kollektiv 9 ± 11 g (KI 95% 7-11 g) appliziert werden konnten und alle Altersklassen Einschluss fanden (Lamminpaa et al., 1993).

Ähnlich wie bereits von Osterhoudt, Alpern et al. beschrieben, zeigt sich auch in unserem Studienkollektiv ein Einfluss des Patientenalters auf die absolute Applikationsmenge (Osterhoudt, Alpern, et al., 2004).

Sowohl im Gesamtkollektiv ($p < 0,0001$) als auch im enger gefassten Kollektiv ($p < 0,0001$) übt das Patientenalter einen **signifikanten** Einfluss auf die absolute Applikationsmenge aus. Dieser Einfluss resultiert aus der empfohlenen Menge, die sich am Körpergewicht des Patienten orientiert - bei Kindern deutlich unter dem der Erwachsenen. In beiden Untersuchungsgruppen konnte bei Erwachsenen die größte absolute Menge mit im Median 50 g (IQR: 33-50 g) im Gesamt - sowie 15 g (IQR: 10-20 g) im kleineren Kollektiv verabreicht werden. Vergleicht man hingegen die Vollständigkeit der Applikation als prozentuale Größe (maximal 100% der Empfehlung), zeigt sich sowohl im Gesamtkollektiv als auch im enger gefassten Kollektiv **kein signifikanter** Einfluss des Alters auf die Vollständigkeit der Verabreichung ($p = 0,703$ bzw. $p = 0,685$).

Für sowohl die prozentuale als auch die absolute Applikationsmenge kann gezeigt werden, dass diese durch Verwendung von Aktivkohlepulver über der von Tabletten liegt. Im Gesamtkollektiv konnten durch AK-Pulver 88% der Empfehlung gegenüber 55% mittels Tabletten verabreicht werden, dieser Unterschied ist statistisch **signifikant** ($p = 0,011$). Im enger gefassten Patientenkollektiv konnten durch Verwendung von Pulver 69% gegenüber 51% durch Tabletten appliziert werden ($p = 0,114$).

Betrachtet man die absolute Applikationsmenge, konnte sowohl im Gesamtkollektiv durch Verwendung von AK-Pulver **signifikant** ($p < 0,0001$) mehr AK verabreicht werden (im Mittelwert 36 ± 21 g gegen 8 ± 8 g als Tablette), als auch im eingeschränkten Kollektiv ($p = 0,0010$) (im Mittelwert 15 ± 15 g gegenüber 7 ± 7 g als Tablette).

Insgesamt ist die höhere Applikationsmenge durch AK-Pulver wahrscheinlich der einfacheren Anwendung geschuldet, denn Tabletten wurden meist vor Verabreichung per Hand zerkleinert oder gemahlen und waren damit mit einem höheren Zubereitungsaufwand verbunden. In Annahme, dass die möglichst größte Oberfläche der AK nur sinnvoll in ihrer granulierten Darreichungsform zum Tragen kommt, sollte insgesamt die Verwendung und Bevorratung der Pulverform bevorzugt werden. Dennoch zeigt sich, dass dies von Laien in nur 29% Anwendung fand, wohingegen professionelle Helfer (Klinik und Arztpraxen) in 95% bzw. 76% AK-Pulver nutzten.

Weitere Untersuchungen die Darreichung sowie die Handhabung der AK betreffend wären zur Optimierung der Verabreichung erstrebenswert.

6.5. Zur Umsetzbarkeit und Applikationsbeginn < 60 Minuten nach Ingestion der potenziell toxischen Substanz

Anhand von in vivo Experimenten an Freiwilligen konnte nachgewiesen werden, dass es mit zunehmender Latenz zwischen Ingestion der Noxe und Applikation von AK zu einer deutlich verminderten Adsorptionsfähigkeit kommt. Bereits nach 30 Minuten konnte eine Abnahme der Adsorptionsfähigkeit von im Durchschnitt 47,3%, nach 60 Minuten von 40,07% und nach 120 Minuten nur mehr 16,5% nachgewiesen werden

(Chyka et al., 2005). Es sollte daher auf eine möglichst geringe Zeitspanne zwischen Ingestion der Noxe und Beginn der Aktivkohleapplikation geachtet werden.

Von insgesamt 548 Anrufern lag die Latenzzeit zwischen Ingestion und Anruf bei 213 Fällen unter 60 Minuten.

Innerhalb der Anrufer Kategorien konnte für „Laien“ eine Latenzzeit von 44 Minuten im Mittelwert (KI 95%: 40 – 49 Minuten) sowie für „Profis“ im Mittelwert von 54 Minuten (KI 95%: 38 – 69 Minuten) und für „Klinik“ eine Latenz von 113 Minuten (KI 95%: 94 – 132 Minuten) berechnet werden.

Im eingeschränkten Kollektiv lag die Latenzzeit im Mittelwert bei 42 Minuten (KI 95%: 38 – 46 Minuten).

In beiden Studienkollektiven war demnach der Applikationsbeginn in deutlich unter 60 Minuten möglich. Hier muss bedacht werden, dass die Latenzzeit zwischen Ingestion und Anruf auch eine Rolle spielt, liegt diese bereits bei einer Stunde und ist AK nicht bevorratet, schränkt dies die Indikation deutlich ein.

Einen signifikanten Einfluss auf die Latenzzeit zwischen Anruf und Beginn der Applikation in beiden Studienkollektiven nimmt der Beschaffungsort. Liegt AK häuslich bevorratet vor oder wird diese in einer professionellen Einrichtung bei bereits anwesendem Patienten verabreicht, ist diese mit 7 bzw. 4 Minuten im Mittelwert allen anderen Beschaffungsorten signifikant überlegen (Gesamtkollektiv ($p < 0,0001$), eingeschränktes Kollektiv ($p < 0,0001$)).

Durch eine Laienbehandlung scheint es möglich, sich dem zeitlichen Adsorptionsmaximum der AK zu nähern, der zeitliche Vorteil durch Verabreichung der AK im häuslichen Umfeld wurde bereits in mehreren Studien belegt (Lamminpaa et al., 1993; McGuigan, 2000; Spiller & Rodgers, 2001).

6.6. Zur Handhabbarkeit der Applikation durch den Laien

Nach Beratung durch die Giftinformationszentrale und der damit verbundenen Empfehlung zur Allokation von Patienten konnte AK durch Laien ohne unnötig hohes Risiko appliziert werden (Kap.5.2.7).

Bezogen auf Komplikationen, die mit der Aktivkohleapplikation in Verbindung gebracht werden konnten, gilt es zunächst festzuhalten, dass in keinem der Kollektive schwerwiegende Komplikationen beobachtet wurden. Im eingeschränkten Kollektiv traten in 76% (104/137) aller erfolgten Applikationen keine Komplikationen auf, am häufigsten kam es mit 21% zur Verweigerung der Einnahme durch den Patienten sowie in 4% zu Erbrechen, diese Werte sind mit denen des Gesamtkollektivs (keine Komplikationen 81% - Verweigerung 13% - Erbrechen 7%) vergleichbar.

Verglichen mit der Studie von Osterhoudt, Durbin et al. in der es bei 20,4% der Patienten im Median nach 10 Minuten zu Erbrechen kam, tritt dies in unserem Kollektiv weniger häufig auf. Auch die Applikation via Magensonde, die als signifikanter unabhängiger Risikofaktor für Erbrechen bei Osterhoudt, Durbin et al. beschrieben wird, kann im Gesamtkollektiv nicht bestätigt werden. (Osterhoudt, Durbin, et al., 2004)

Die Applikation durch den Laien ist damit mit keinem höheren Risiko für Komplikationen verbunden und prinzipiell zu empfehlen.

Betrachtet man die Applikationsdauer als ein Merkmal der Handhabbarkeit in beiden Patientenkollektiven, kann gezeigt werden, dass diese im Gesamtkollektiv signifikant ($p=0,037$) durch das Patientenalter beeinflusst wird. Im eingeschränkten Kollektiv übt das Patientenalter keinen signifikanten Einfluss ($p=0,118$) aus. Grund hierfür könnte das Überwiegen der Erwachsenen mit 42% und gleichzeitig schnellster Applikationsdauer von 10 Minuten (IQR: 5-15 Minuten) im Median im Gesamtkollektiv

sein. Im eingeschränkten Kollektiv zeigt sich die schnellste Applikation bei Schulkindern mit 5 Minuten (IQR: 1-10 Minuten), allerdings machten diese 11% des Kollektivs aus, mit 46% waren am häufigsten Kleinkinder mit einer Applikationsdauer von 10 Minuten (IQR: 5-20 Minuten) betroffen.

Betrachtet man als finalen Marker für die Handhabbarkeit die Chance für eine vollständige Applikation, unterscheidet sich diese signifikant ($p=0,010$) in den Behandlungsgruppen. Vergleicht man „Laien“ mit „Klinik“ und „Profi“ nimmt die Chance auf vollständige Applikation durch Behandlung in der Klinik sowie durch professionelle Helfer im Mittelwert um den Faktor 10,3 und 20,6 zu. Dieser Verlust an theoretischer „Qualität“ durch den Laien kann durch einen signifikanten ($p<0,0001$) Zeitvorteil durch häusliche Bevorratung kompensiert werden (Latenzzeit Anruf – Beginn häusliche Bevorratung 7 ± 5 Minuten vs. Verabreichung in der Klinik 14 ± 20 Minuten).

Insgesamt scheint demnach bei geringer Latenzzeit und gleichem Risiko für Komplikationen, eine Behandlung durch den Laien möglich und sinnvoll.

6.7. Potenzial zur Einsparung von Gesundheitskosten durch präventive Kohlebevorratung und Beratung durch die Giftinformationszentrale

Aus den erhobenen Daten konnte neben dem signifikanten Zeitvorteil durch Bevorratung und Verabreichung von AK durch medizinisch nicht geschulte Personen auch ein ungenutztes Einsparpotenzial durch konsequentes Konsultieren der GIZ dargestellt werden. Während des Untersuchungszeitraums wurde die GIZ in 25 Fällen aus der Klinik nach dortiger Patientenvorstellung konsultiert, obwohl eine ambulante Behandlung in Obhut von Laien ausreichend gewesen wäre. Dies sind 12% der 206

Klinikanrufe. Bei Anrufen aus Arztpraxen (Kategorie „Profi“) trat dies in 20/50 (40%) der Anrufe auf (Siehe Tab.4.2.11. 2). Es ist denkbar, dass diese hohe Quote an Überversorgung auf Unkenntnis der Beratungsmöglichkeiten der GIZ in der breiten Bevölkerung beruht. Vermehrte Aufklärung diesbezüglich könnte das Einsparpotenzial erhöhen.

Schätzungen aus den Vorjahren von Desel et al. gehen von Einsparungen von mindestens 10 Mio. Euro für das Gesundheitssystem durch die Beratung von Giftdatenzentralen aus, eine Einsparung, deren Potenzial vor allem durch Beratung von medizinisch nicht geschulten Personen noch ausgebaut werden könnte (Desel et al., 2017). Ähnliche Zahlen zum Einsparpotenzial sind auch aus den USA bekannt (LoVecchio et al., 2008).

7. Limitationen

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine monozentrische prospektive Beobachtungsstudie, die Datenerhebung erfolgte aus dem Einzugsgebiet der Giftdatenzentrale München (Süddeutschland). Eine Aussage für das gesamte Bundesgebiet ist demnach nicht möglich, hierfür wäre eine multizentrische Studie wünschenswert.

Aufgrund der hohen Versorgungsdichte in München könnte es zu einer Unterrepräsentation von ländlichen Regionen mit geringerer Dichte an Apotheken und Arztpraxen kommen.

Eine weitere Limitation stellt die Art der Datenerhebung dar, diese erfolgte anhand eines standardisierten Telefoninterviews wenige Tage nach der erfolgten Anfrage in

der Giftinformationszentrale. Eine Überrepräsentation von Kliniken ist aufgrund der besseren telefonischen Erreichbarkeit für das Zweitinterview denkbar.

Sowohl Zeit- wie auch Mengenangaben unterliegen Schätzungen durch die Betroffenen bzw. Verwender und entsprechen dem subjektiven Empfinden der Anrufer. Eine genaue Angabe der beispielsweise applizierten Menge war nicht möglich, die Schätzungen erfolgten als absolute Zahlen. Ebenso verhält es sich mit Angaben zu Latenzzeit, Applikationsmenge und Applikationsdauer.

Die Datenerhebung erfolgte nach Anruf in der Giftinformationszentrale und es bleibt unklar, wie häufig „Laien“ direkt eine klinische Vorstellung in Betracht zogen, ohne zuvor Kontakt mit der Giftinformationszentrale aufzunehmen. Auch lässt sich aus den Daten nicht schlussfolgern, ob und wie häufig Behandlungen mit AK in der Klinik ohne jede Konsultation der GIZ erfolgt sind. Die Schätzung zur Kostenersparnis durch unnötigen Arztkontakt müssten folglich um diese Fallzahlen erweitert werden.

Explizit nicht Ziel der Studie war es, den eventuellen Nutzen der Kohlegabe an sich zu untersuchen. Hierzu wäre eine wesentlich größere, multizentrische, multinationale Studie notwendig gewesen, deren Aufwand den Rahmen einer Dissertation sowie den finanziellen Rahmen überstiegen hätte und gegen die ethische Bedenken hätten sprechen können.

8. Zusammenfassung

Zusammenfassend konnten mit dem Studiendesign 548 Anrufe mit zuvor erfolgter Empfehlung zur Aktivkohleapplikation erfolgreich nachverfolgt werden, hiervon erfolgte in 361 Fällen die Umsetzung der Aktivkohlegabe zur primären

Dekontamination. Die signifikant ($p < 0,0001$) kürzeste Latenzzeit zwischen Anruf und Beginn der Aktivkohleapplikation war in der Kategorie der Klinikanrufer zu verzeichnen, gefolgt von Profis und Laien. Lag Aktivkohle bereits bevorratet am Unfallort (meist häuslich) vor, zeigte sich gegenüber der Beschaffung von extern allerdings eine signifikante ($p < 0,0001$) Zeitersparnis für den Beginn der Applikation von knapp 22 Minuten. Die häusliche Bevorratung von Aktivkohle ist demnach zu propagieren. Bezogen auf die Darreichung der Aktivkohle konnte gezeigt werden, dass die Verwendung von Aktivkohlepulver gegenüber von Kohlekompressen zu bevorzugen ist, da durch Pulver die Chance zur vollständigen Umsetzung der Applikationsempfehlung signifikant ($p = 0,011$) zunahm. Komplikationen im Rahmen der Applikation traten mit 28% bei häuslicher Verabreichung signifikant ($p = 0,005$) häufiger auf als in medizinisch-professioneller oder klinischer Umgebung, am häufigsten kam es hierbei allerdings zur Verweigerung durch den Patienten, schwerwiegende Komplikationen konnten nicht beobachtet werden.

Im eingeschränkten Kollektiv (Einschlusskriterien: Laienanruf, Latenzzeit Anruf – Beginn Applikation < 60 Minuten, alleinige Behandlung durch Laie ausreichend und Ort der Ingestion für Kohlebevorratung geeignet) erfolgte die Applikation in 137 von 213 Fällen, hierbei lag Aktivkohle in 22% häuslich bevorratet vor. Bezogen auf die Latenzzeit von Anruf bis Beginn der Applikation war diese signifikant ($p < 0,0001$) durch Bevorratung am Unfallort gegenüber allen anderen Beschaffungsarten verkürzt. Auch hier konnte durch Verwendung von Aktivkohlepulver signifikant ($p = 0,001$) mehr Aktivkohle verabreicht werden als durch Kompressen. Komplikationen traten in 25% der Fälle auf, signifikant ($p = 0,022$) am häufigsten bei Verabreichung im häuslichen Umfeld, hierbei kam es wie im Gesamtkollektiv am häufigsten zu Verweigerung durch den Patienten im häuslichen Umfeld.

Aufgrund der guten Handhabbarkeit und deutlicher Zeitersparnisse kann anhand dieser Studie eine Bevorratung von Aktivkohle sowie die präklinische Applikation auch durch den Laien empfohlen werden – und dies bei akzeptablem Nutzen-Risiko-Verhältnis bei weitgehendem Fehlen von schwerwiegenden Nebenwirkungen.

In 14% wurde im eingeschränkten Kollektiv fehlende Verfügbarkeit der Aktivkohle als Grund der Unterlassung angegeben, durch eine Bevorratung könnten neben einer verbesserten Versorgung des Patienten auch vermeidbare Kosten im Gesundheitssystem reduziert werden – vor allem durch unnötige Arztkonsultationen.

9. Danksagung

Mein Dank gilt der gesamten Abteilung für klinische Toxikologie sowie den Mitarbeitern der Giftinformationszentrale München und allen an der Datensammlung beteiligten Kolleginnen und Kollegen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Rudolf Pfab und Florian Eyer, die eine Umsetzung der Fragestellung ermöglicht haben und mir stets zur Hilfe waren.

I Literaturverzeichnis

- Allison, T. B., Gough, J. E., Brown, L. H., & Thomas, S. H. (1997).** Potential time savings by prehospital administration of activated charcoal. *Prehosp Emerg Care*, 1(2), 73-75. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9709341>.
- Barceloux, D., Guigan, M. Mc, Hartigan-Go, K. (1997).** Position Statement: Cathartics. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 35(7), 743-752. Retrieved from <https://doi.org/10.3109/15563659709162570>. doi:10.3109/15563659709162570
- Bond, G. R. (2002).** The role of activated charcoal and gastric emptying in gastrointestinal decontamination: a state-of-the-art review. *Ann Emerg Med*, 39(3), 273-286. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11867980>.
- Burns, M. M. (2000).** Activated charcoal as the sole intervention for treatment after childhood poisoning. *Curr Opin Pediatr*, 12(2), 166-171. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10763768>.
- Chafee-Bahamon, C., & Lovejoy, F. H. (1983).** Effectiveness of a Regional Poison Center in Reducing Excess Emergency Room Visits for Children's Poisonings. *Pediatrics*, 72(2), 164-169. Retrieved from <http://pediatrics.aappublications.org/content/pediatrics/72/2/164.full.pdf>.
- Christophersen, A. B., Levin, D., Hoegberg, L. C. G., Angelo, H. R., & Kampmann, J. P. (2002).** Activated charcoal alone or after gastric lavage: a simulated large paracetamol intoxication. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 53(3), 312-317. Retrieved from <https://bpspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.0306-5251.2001.01568.x>. doi:doi:10.1046/j.0306-5251.2001.01568.x
- Chyka, P. A., Seger, D., Krenzelok, E. P., Vale, J. A., American Academy of Clinical, T., European Association of Poisons, C., & Clinical, T. (2005).** Position paper: Single-dose activated charcoal. *Clin Toxicol (Phila)*, 43(2), 61-87. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15822758>.
- Cooney, D. O. (1995a).** Fundamentals of Activated Charcoal and the Adsorption Process. In I. Marcel Dekker (Ed.), *Activated Charcoal in Medical Applications* (Vol. 2., pp. 19-20). New York: Marcel Dekker, Inc., New York.
- Cooney, D. O. (1995b).** Historical Background of Activated Charcoal. In I. Marcel Dekker (Ed.), *Activated charcoal in medical applications* (Vol. 2., pp. 10-11). New York: Marcel Dekker, Inc., New York.
- Crockett, R., Krishel, S. J., Manoguerra, A., Williams, S. R., & Clark, R. F. (1996).** Prehospital use of activated charcoal: a pilot study. *J Emerg Med*, 14(3), 335-338. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8782030>.
- Decker, W. J., Combs, H. F., & Corby, D. G. (1968).** Adsorption of drugs and poisons by activated charcoal. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 13(3), 454-460. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0041008X68901221>. doi:[https://doi.org/10.1016/0041-008X\(68\)90122-1](https://doi.org/10.1016/0041-008X(68)90122-1)
- Desel, H., Hentschel, H., & Sturer, A. (2017).** [Poisonings in Germany : Poisons Centres, Medical Management and National Monitoring]. *Bundesgesundheitsblatt*

- Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 60(6), 625-631. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28447134>. doi:10.1007/s00103-017-2550-9
- Eyer, F., Jung, N., Neuberger, H., Witte, A., Poethko, T., Henke, J., & Zilker, T. (2008).** Seromucosal Transport of Intravenously Administered Carbamazepine Is Not Enhanced by Oral Doses of Activated Charcoal in Rats. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 102(3), 337-346. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1742-7843.2007.00193.x>. doi:10.1111/j.1742-7843.2007.00193.x
- Eyer, P., & Eyer, F. (2008).** Is this the epitaph for multiple-dose activated charcoal? *The Lancet*, 371(9612), 538-539. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673608602482>. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60248-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60248-2)
- Friedman, L. S., Krajewski, A., Vannoy, E., Allegretti, A., & Wahl, M. (2014).** The association between U.S. Poison Center assistance and length of stay and hospital charges. *Clin Toxicol (Phila)*, 52(3), 198-206. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24580060>. doi:10.3109/15563650.2014.892125
- Galvao, T. F., Silva, E. N., Silva, M. T., Bronstein, A. C., & Pereira, M. G. (2012).** Economic evaluation of poison centers: a systematic review. *Int J Technol Assess Health Care*, 28(2), 86-92. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22559750>. doi:10.1017/S0266462312000116
- Giftinformationszentrale München, G. M. (2016).** Jahresbericht 2016 der Giftinformationszentrale München [Webpage, PDF]. pp. 22. Retrieved from <http://www.toxinfo.med.tum.de/node/433>
- Goldberg, M. J., Spector, R., Park, G. D., Johnson, G. F., & Roberts, P. (1987).** The effect of sorbitol and activated charcoal on serum theophylline concentrations after slow-release theophylline. *Clin Pharmacol Ther*, 41(1), 108-111. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3802699>.
- Green, R., Grierson, R., Sitar, D. S., & Tenenbein, M. (2001).** How Long After Drug Ingestion Is Activated Charcoal Still Effective? *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 39(6), 601-605. Retrieved from <https://doi.org/10.1081/CLT-100108492>. doi:10.1081/CLT-100108492
- Greene, S. L., Kerins, M., & O'Connor, N. (2005).** Prehospital activated charcoal: the way forward. *Emerg Med J*, 22(10), 734-737. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16189043>. doi:10.1136/emj.2005.024968
- Harris, C. R., & Filandrinos, D. (1993).** Accidental administration of activated charcoal into the lung: aspiration by proxy. *Ann Emerg Med*, 22(9), 1470-1473. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8363122>.
- Isbister, G. K., & Kumar, V. V. (2011).** Indications for single-dose activated charcoal administration in acute overdose. *Curr Opin Crit Care*, 17(4), 351-357. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21716104>. doi:10.1097/MCC.0b013e328348bf59
- Jones, J., McMullen, M. J., Dougherty, J., & Cannon, L. (1987).** Repetitive doses of activated charcoal in the treatment of poisoning. *Am J Emerg Med*, 5(4), 305-311. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3297081>.

- Jurgens, G., Hoegberg, L. C., & Graudal, N. A. (2009).** The effect of activated charcoal on drug exposure in healthy volunteers: a meta-analysis. *Clin Pharmacol Ther*, 85(5), 501-505. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19194372>. doi:10.1038/clpt.2008.278
- Juurlink, D. N. (2016).** Activated charcoal for acute overdose: a reappraisal. *Br J Clin Pharmacol*, 81(3), 482-487. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26409027>. doi:10.1111/bcp.12793
- Lamminpaa, A., Vilska, J., & Hoppu, K. (1993).** Medical charcoal for a child's poisoning at home: availability and success of administration in Finland. *Hum Exp Toxicol*, 12(1), 29-32. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8094967>. doi:10.1177/096032719301200106
- LoVecchio, F., Curry, S., Waszolek, K., Klemens, J., Hovseth, K., & Glogan, D. (2008).** Poison control centers decrease emergency healthcare utilization costs. *J Med Toxicol*, 4(4), 221-224. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19031372>.
- McGuigan, M. A. (2000).** Activated charcoal in the home. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, 1(3), 191-194. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1522840100900272>. doi:[https://doi.org/10.1016/S1522-8401\(00\)90027-2](https://doi.org/10.1016/S1522-8401(00)90027-2)
- Menzies, D. G., Busuttil, A., & Prescott, L. F. (1988).** Fatal pulmonary aspiration of oral activated charcoal. *BMJ*, 297(6646), 459-460.
- Miller, T. R., & Lestina, D. C. (1997).** Costs of poisoning in the United States and savings from poison control centers: a benefit-cost analysis. *Ann Emerg Med*, 29(2), 239-245. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9018189>.
- Neuvonen, P. J., & Oikola, K. T. (1988).** Oral activated charcoal in the treatment of intoxications. Role of single and repeated doses. *Med Toxicol Adverse Drug Exp*, 3(1), 33-58. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3285126>.
- Olson, K. R. (2010).** Activated charcoal for acute poisoning: one toxicologist's journey. *J Med Toxicol*, 6(2), 190-198. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20490748>. doi:10.1007/s13181-010-0046-1
- Osterhoudt, K. C., Alpern, E. R., Durbin, D., Nadel, F., & Henretig, F. M. (2004).** Activated charcoal administration in a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care*, 20(8), 493-498. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15295243>.
- Osterhoudt, K. C., Durbin, D., Alpern, E. R., & Henretig, F. M. (2004).** Risk factors for emesis after therapeutic use of activated charcoal in acutely poisoned children. *Pediatrics*, 113(4), 806-810. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15060231>.
- Pfab, R., Schmoll, S., Dostal, G., Stenzel, J., Hapfelmeier, A., & Eyer, F. (2017).** Single dose activated charcoal for gut decontamination: Application by medical non-professionals -a prospective study on availability and practicability. *Toxicology Reports*, 4, 49-54. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214750016301111>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.12.007>

- Pollack, M. M., Dunbar, B. S., Holbrook, P. R., & Fields, A. I. (1981).** Aspiration of activated charcoal and gastric contents. *Annals of Emergency Medicine*, 10(10), 528-529. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0196-0644\(81\)80009-1](https://doi.org/10.1016/S0196-0644(81)80009-1). doi:10.1016/S0196-0644(81)80009-1
- Spiller, H. A., & Rodgers, G. C., Jr. (2001).** Evaluation of administration of activated charcoal in the home. *Pediatrics*, 108(6), E100. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11731627>.
- Wax, P. M., & Cobaugh, D. J. (1998).** Prehospital gastrointestinal decontamination of toxic ingestions: a missed opportunity. *Am J Emerg Med*, 16(2), 114-116. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9517681>.
- World Health Organisation, W. (2019).** Model List of Essential Medicines, 21st List, p. 4 [Webpage, PDF]. Model List of Essential Medicines, 2019, p. 4. Retrieved from <https://www.who.int/medicines/publications/essentialmedicines/en/>
- Zellner, T., Prasa, D., Färber, E., Hoffmann-Walbeck, P., Genser, D., & Eyer, F. (2019).** Applikation von Aktivkohle bei Vergiftungen. *Dtsch Arztebl International*, 116(18), 311-317. Retrieved from <https://www.aerzteblatt.de/int/article.asp?id=206967>. doi:10.3238/arztebl.2019.0311
- Zilker, T., Eckert, K.-G., & Eyer, P. (1999).** Aktivkohle - Sofortmaßnahme bei oralen Vergiftungen. *Deutsches Ärzteblatt*, 96(44), 2826-2830.

II Abbildungsverzeichnis

Abb. 4.1. 1: Kreisdiagramm: Geschlechterverteilung der Anrufer: 42% männlich, 58% weiblich	26
Abb. 4.1. 2: Balkendiagramm: Anrufer nach PLZ	27
Abb. 4.1. 3: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Noxen [Kategorie] in Prozent [%]	29
Abb. 4.1. 4: Kreisdiagramm: Intention der Noxen-Ingestion in Prozent [%]	29
Abb. 4.1. 5: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Vergiftungssymptome in Prozent [%] ...	30
Abb. 4.1.6. 1: Grafik: Häufigkeit der Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe und Gründe für Nichtumsetzung	31
Abb. 4.1.6. 2: Balkendiagramm: erfolgte Aktivkohleapplikation [Kohle gegeben/keine Kohle gegeben] nach Anrufer [Kategorie]	32
Abb. 4.1. 7: Kreisdiagramm: Gründe für nicht erfolgte Kohlegabe in Prozent [%]	33
Abb. 4.1. 8: Kreisdiagramm: Aktivkohle Darreichung [Kategorie] in Prozent [%]	34
Abb. 4.1. 9: Kreisdiagramm: Beschaffungsorte der Aktivkohle in Prozent [%]	35
Abb. 4.2. 2: Balkendiagramm: Mittelwert und 95%-iges Konfidenzintervall der Latenzzeit [min] nach Anrufer [Kategorie]	41
Abb. 4.2. 3: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der Latenzzeit [min] von Anruf bis Beginn der Aktivkohle nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	44
Abb. 4.2. 4: Box-plot: Applikationsmenge [g] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]	48
Abb. 4.2.5. 1: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der gegebenen Aktivkohle in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Patientenalter [Kategorie]	49
Abb. 4.2.5. 2: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	51
Abb. 4.2. 6: Box-plot: Applikationsdauer [min] nach Suspensionsmittel [Kategorie] .	54
Abb. 5: Grafik: Umsetzung der Empfehlung zur Aktivkohlegabe und Gründe für Nichtumsetzung	61

Abb. 5.1. 1: Kreisdiagramm: Geschlechterverteilung der Anrufer: männlich 49%, weiblich 51%.....	61
Abb. 5.1. 2: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Noxen [Kategorie] in Prozent [%]	62
Abb. 5.1. 4: Kreisdiagramm: Häufigkeit der Vergiftungssymptome in Prozent [%] ...	64
Abb. 5.1. 6: Kreisdiagramm: Gründe für nicht erfolgte Kohlegabe in Prozent [%]	65
Abb. 5.1. 7: Kreisdiagramm: Darreichung der Aktivkohle [Kategorie] in Prozent [%] 66	
Abb. 5.1. 8: Kreisdiagramm: Beschaffungsorte der Aktivkohle in Prozent [%].....	66
Abb. 5.2. 2: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der Latenzzeit [min] von Anruf bis Beginn der Aktivkohle nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	70
Abb. 5.2. 3: Box-plot: Applikationsmenge [g] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]	74
Abb. 5.2. 4: Balkendiagramm: Mittelwerte und 95%-iges Konfidenzintervall der gegebenen Aktivkohle in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Suspensionsmittel [Kategorie]	76
Abb. 5.2. 5: Box-plot: Applikationsdauer [min] nach Suspensionsmittel [Kategorie].	79
Abb. 5.2. 6: Box-plot: Applikationsdauer [min] nach Vergiftungssymptomen.....	80
Abb. 6. 2: Diagramm: zusammengefasste Literaturangaben zur Toxinadsorption in Abhängigkeit von der Zeit zwischen Ingestion und Aktivkohlegabe.....	85

III Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1.1. 1: Einteilung der Anrufer in Kategorien	20
Tab. 3.1.1. 2: Kategorie der Vergiftungssymptome	21
Tab. 3.1.2. 1: Beschaffungsort der Aktivkohle nach Kategorie	23
Tab. 3.1.2. 2: Ort der Aktivkohlegabe nach Kategorie	24
Tab. 4.1. 1: Häufigkeit [n] des Patientenalters [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]	26
Tab. 4.1. 3: Häufigkeit [n] der Noxen [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]	28
Tab. 4.1. 5: Vergiftungssymptome [Symptome/keine Symptome] nach Anrufer [Kategorie]	30
Tab. 4.1. 7: Häufigkeit [n] und Gründe für Nichtgabe nach Anrufer [Kategorie]	33
Tab. 4.1.8. 1: Häufigkeit [n] der Darreichung der Aktivkohle [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]	34
Tab. 4.1.8. 2: Häufigkeit [n] der Darreichung der Aktivkohle [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	35
Tab. 4.1. 9: Beschaffungsorte der Aktivkohle [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie] .	36
Tab. 4.1. 10: Beschaffungsort der Aktivkohle [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	37
Tab. 4.1.11. 1: Häufigkeit [n] der Komplikationen [Kategorie]	37
Tab. 4.1.11. 2: Aktivkohleapplikation [ja/nein] gegen Komplikationen [Kategorie]	38
Tab. 4.2. 1: Häufigkeit [n] der verwendeten Suspensionsmittel [Kategorie]	40
Tab. 4.2.3. 1: Beschaffungsorte der Aktivkohle [Kategorie]	42
Tab. 4.2.3. 2: Latenzzeit [min] ± Standardabweichung (SD) [min] nach Beschaffungsort der Aktivkohle [Kategorie]	43
Tab. 4.2.4. 1: Applikationsmenge [g] nach Patientenalter [Kategorie]	46
Tab. 4.2.4. 2: Applikationsmenge [g] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	46
Tab. 4.2.4. 3: Applikationsmenge [g] nach Darreichung [Kategorie] und verwendetem Suspensionsmittel [Kategorie]	47
Tab. 4.2.4. 4: Applikationsmenge [g] nach Darreichungsform der Aktivkohle [Kategorie]	48

Tab. 4.2.5. 1: Häufigkeit [n] der Orte der Aktivkohlegabe [Kategorie].....	51
Tab. 4.2.5. 2: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]	52
Tab. 4.2.6. 1: Applikationsdauer [min] nach Patientenalter [Kategorie]	53
Tab. 4.2.6. 2: Applikationsdauer [min] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie] 54	
Tab. 4.2. 7: Applikationsdauer [min] nach Applikationsart [Kategorie].....	55
Tab. 4.2.8. 1: Häufigkeit [n] der Komplikationen [ja/nein] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	55
Tab. 4.2.8. 2: Art der Komplikationen [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	56
Tab. 4.2. 9: Komplikationen [Kategorie] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]	56
Tab. 4.2. 10: Häufigkeit [n] von Komplikationen [ja/nein] nach Applikationsart [Kategorie]	57
Tab. 4.2.11. 1: Versorgungsempfehlung nach Anrufer [Kategorie].....	58
Tab. 4.2.11. 2: Versorgungsempfehlung gegenüber erfolgter Verlaufsbehandlung nach Anrufer [Kategorie]	58
Tab. 5.1. 1: Häufigkeit [n] der Anrufer nach Patientenalter [Kategorie].....	62
Tab. 5.1. 2: Häufigkeit [n] der Noxen [Kategorie] nach Anrufer [Kategorie]	63
Tab. 5.1. 9: Unfallort [Kategorie] gegenüber dem Ort der Verabreichung [Kategorie]	67
Tab. 5.1.10. 1: Häufigkeit [n] der Komplikationen [Kategorie].....	68
Tab. 5.1.10. 2: Aktivkohleapplikation [ja/nein] gegen Komplikationen [Kategorie]	68
Tab. 5.2. 1: Häufigkeit [n] der verwendeten Suspensionsmittel [Kategorie].....	69
Tab. 5.2.3. 1: Applikationsmenge [g] nach Patientenalter [Kategorie]	71
Tab. 5.2.3. 2: Applikationsmenge [g] nach Suspensionsmittel [Kategorie]	72
Tab. 5.2.3. 3: Applikationsmenge [g] nach Darreichung [Kategorie] und verwendetem Suspensionsmittel [Kategorie]	72
Tab. 5.2.3. 4: Applikationsmenge [g] nach Applikationsart [Kategorie].....	73
Tab. 5.2.3. 5: Applikationsmenge [g] nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]...	73

Tab. 5.2.4. 1: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Patientenalter [Kategorie]	75
Tab. 5.2.4. 2: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Ort der Kohlegabe [Kategorie]	76
Tab. 5.2.4. 3: Applikationsmenge in Prozent von der Empfehlung (=100%) nach Darreichung der Aktivkohle [Kategorie]	77
Tab. 5.2.5. 1: Applikationsdauer [min] nach Patientenalter [Kategorie]	78
Tab. 5.2.5. 2: Applikationsdauer [min] nach Ort der Aktivkohlegabe [Kategorie]	79
Tab. 5.2.7. 1: Komplikationen [ja/nein] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	81
Tab. 5.2.7. 2: Art der Komplikationen [Kategorie] nach Ort der Verabreichung [Kategorie]	81

IV Abkürzungsverzeichnis

A

AK *Aktivkohle*

ANOVA *Analysis of variance*

G

GIZ *Giftinformationszentrale*

GIZen *Giftinformationszentralen*

I

IQR *Interquartile range = Interquartilsabstand*

O

OR *Odds ratio*

K

KG *Körpergewicht*

KI *Konfidenzintervall*

N

n.a. *nicht anwendbar*

P

PLZ *Postleitzahl*