

Untersuchung von Cannabis auf Streckmittel, Verschnittstoffe, Pestizide, mikrobiologische und anorganische Kontaminationen

Autoren:

Dr. Werner Bernhard

Dr. Lars Ambach

Dr. Stefan König

Dr. Susanne Nussbaumer

Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Weinmann

Universität Bern, Institut für Rechtsmedizin, Bühlstrasse 20, 3012 Bern

Unter Mitwirkung von:

Franziska Penitschka

Thomas Wüthrich

Universität Bern, Institut für Rechtsmedizin, Bühlstrasse 20, 3012 Bern

Marie-Françoise Crausaz

Dr. Corinne Jud

Dr. Nicolas Pradervand

Agroscope, Route de la Tioleyre 4, 1725 Posieux

PD Dr. Sönke Szidat

Edith Vogel

Beatrice Frey

Universität Bern, Departement für Chemie und Biochemie, Freiestrasse 3, 3012 Bern

Sean Daugherty

Scott Gillingwater

Perkin Elmer Chalfont Road, Seer Green, Bucks HP9 2FX, UK

Tanja Iff

Gablu Kilcher

Bundesamt für Gesundheit (BAG), Sektion Drogen, Schwarzenburgstrasse 157,
3003 Bern

Abstract

Neben Alkohol ist Cannabis die weltweit am meisten verbreitete Rauschdroge. Ergebnisse des Suchtmonitoring 2014 zeigten, dass fast ein Drittel der Schweizer Bevölkerung ab 15 Jahre schon Erfahrung mit Cannabis hat. Die Verfügbarkeit von Cannabis auf dem illegalen Markt in der Schweiz ist gross. Die Qualität von Marihuana und Haschisch variiert im Wirkstoffgehalt, jedoch wurde in Einzelfällen über den Zusatz von Substanzen berichtet, die das Gewicht des Materials erhöhen (Streckmittel). Bei der Durchsuchung von illegalen Indoor-Anlagen, die auch in der Schweiz immer wieder entdeckt werden, werden oft Pestizide in grösseren Mengen aufgefunden. Dies legt den Verdacht nahe, dass Cannabis auf dem illegalen Markt durch Verunreinigungen wie Pestizide, Streckmittel, und Verschnittstoffe kontaminiert sein könnte. Wir haben 151 verschiedene Cannabisasservate aus polizeilichen Sicherstellungen auf Pestizide und auf das Vorhandensein von anorganischen Substanzen sowie weitere Streckmittel oder Verschnittstoffe untersucht. Unsere Untersuchungen zeigten in 12 Hanfproben Rückstände von Fungiziden und Insektiziden. Auf ihre mikrobiologische Qualität wurden 12 Hanfproben untersucht. Davon erfüllte nur eine Probe die Anforderung zur Verwendung als pharmazeutische Zubereitung. In den übrigen Cannabismaterialien wurden erhöhte Werte für Schimmelpilzsporen, Verderbniserreger und ein erhöhter Gehalt an Bakterien festgestellt. Im Vergleich zu als „Biohanf“ deklarierten Proben ergab die Analyse in einigen Asservaten erhöhte Werte für Chrom, Cer, Cobalt, Bismut und Aluminium.

Die Studie¹ konnte zeigen, dass in den meisten der untersuchten Cannabisprodukte aus polizeilichen Sicherstellungen Pflanzenschutzmittel, mikrobiologische Verunreinigungen (Pilze/Sporen, Bakterien) und andere Kontaminationen enthalten sind. Dies führt zu einem bisher wenig beachteten zusätzlichen gesundheitlichen Risiko beim Cannabiskonsum.

¹ Bei dieser Studie handelt es sich um eine Pilotstudie. Aufgrund der relativ geringen Zahl von untersuchten Proben müssen diese Ergebnisse anhand einer grösseren Stichprobe repliziert werden.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG DES GESAMTPROJEKTS	3
1.1	EINLEITUNG	3
1.2	ZIELE	3
1.3	UNTERSUCHUNGSMATERIAL UND UNTERSUCHUNGSMETHODEN	4
2	PESTIZIDE	5
2.1	EINLEITUNG	5
2.2	METHODIK	6
2.2.1	<i>Probenaufbereitung</i>	6
2.2.2	<i>Analyse/Auswertung</i>	6
2.3	RESULTATE	7
3	MIKROBIOLOGIE	8
3.1	EINLEITUNG	8
3.2	METHODIK	8
3.3	RESULTATE	8
4	ANORGANISCHE SUBSTANZEN	10
4.1	EINLEITUNG	10
4.2	METHODIK	10
4.3	RESULTATE	11
5	ZUSAMMENFASSUNG	11
6	DISKUSSION	12
7	LITERATURVERZEICHNIS	14
8	ABBILDUNG – UND TABELLENVERZEICHNIS	16
9	ANHANG	16

1 Einleitung und Zielsetzung des Gesamtprojekts

1.1 Einleitung

Cannabis, das in den USA als „Schedule I Drug“ (ähnlich wie Heroin, LSD etc.) und in der Schweiz zur Zeit immer noch als verbotenes Betäubungsmittel gelistet ist, falls der THC –Gehalt 1 % übersteigt, ist neben Alkohol das in der Schweiz und auch weltweit am häufigsten konsumierte Rauschmittel (Gmel, Kuendig, Notari, & Gmel, 2015; Pérez-Parada u. a., 2016). Ergebnisse des Suchtmonitoring 2014 zeigen, dass fast ein Drittel der Schweizer Bevölkerung ab 15 Jahren schon Erfahrung mit Cannabis als Rauschmittel hat. Gemäss Hochrechnungen konsumieren aktuell in der Schweiz etwa 210'000 Personen Cannabis. Am höchsten liegt der Prozentwert der Konsumierenden mit 52,1 % in der Altersgruppe der 25- bis 34-Jährigen (Gmel u. a., 2015). Zahlen, die ausführliche Informationen über die Beschaffungswege geben, haben gezeigt, dass 2007 die Mehrheit der Befragten (57,7 %) Cannabis von Freunden bekommen hat, angeblich ohne dafür bezahlen zu müssen. Ungefähr ein Drittel (33,6 %) kauften Cannabis bei Freunden, gefolgt von 13 %, die Cannabis auf der Gasse bezogen. 8,7 % bauen selber Hanfpflanzen an und 5,8 % kauften die Droge im Hanfladen ein (Annaheim & Gmel, 2009).

Unabhängig vom Verwendungszweck zeigten Studien unterschiedliche Qualitäten der konsumierten Ware. So fand man Verunreinigungen von Cannabis mit Pilzen und Bakterien (McPartland, 2002; Verweij u. a., 2000), dies unter anderem in Coffeeshops (Hazekamp, 2006). Zudem wurden Verunreinigungen mit Pestizidrückständen und Schwermetallen in Cannabis nachgewiesen (Liddle, Needham, Rollen, Roark, & Bayse, 1980; McPartland, 2002; Needham, Paschal, Rollen, Liddle, & Bayse, 1979; Turner, Cheng, Torres, & Elsohly, 1978). Ein einzelner Medienbericht aus dem Jahr 2009 legte den Verdacht nahe, dass Cannabis im US-Bundesstaat Kalifornien stark mit Pestiziden belastet sein könnte. Bei der Analyse von Cannabisproben für medizinische Zwecke wurde der erlaubte Grenzwert für das Pestizid Bifenthrin um das 1600-fache überschritten (Skeet, 2009). In der (wissenschaftlichen) Fachliteratur fanden sich Hinweise auf mögliche schwerwiegende Gesundheitsschäden durch den Konsum von gestreckten, verschimmelten oder mit Rückständen von Pflanzenschutzmitteln verunreinigten Cannabisprodukten (Busse, Fiedler, Leichtle, Hentschel, & Stumvoll, 2008; Delourme, Delattre, Godard, Steenhouwer, & Just, 2009; Scheel, Krause, Haars, Schmitz, & Junker, 2012). Gezielte Untersuchungen von Cannabisrauch auf Pflanzenschutzmittel können als ein Mass für den Kontakt von Pflanzen mit Pestiziden herangezogen werden, da über 60% der Pestizide im Rauch von ungefiltertem Cannabis nachweisbar waren (Sullivan, Elzinga, & Raber, 2013). Gemäss der Studie von McPartland und Pruitt (1997) kann die langfristige Einnahme von Pestiziden zu gesundheitlichen Komplikationen führen, insbesondere bei immungeschwächten Personen. Auswirkungen von Schimmel sind in Tabakwaren zwar relativ gut untersucht, hingegen sind die möglichen Auswirkungen des Konsums von Schimmel-befallenem Cannabis auf die Gesundheit relativ schlecht dokumentiert (Verweij u. a., 2000).

1.2 Ziele

Das in der Schweiz illegal konsumierte Cannabis untersteht keiner Qualitätskontrolle. (Dies gilt übrigens auch für alle anderen illegalen Betäubungsmittel, auch wenn diese in einem geschützten Rahmen

(Fixerstübli) konsumiert werden). Deshalb kann eine Anwendung von Pestiziden, Streckmitteln etc. beim Cannabisanbau nur über andere Verfahren geschätzt werden. Um den Ertrag und das optische Erscheinungsbild von Cannabispflanzen zu verbessern, spielt die Verwendung von Pestiziden und Düngern beim Anbau von Cannabis eine mögliche Rolle (McLaren, Swift, Dillon, & Allsop, 2008). Um ein Verständnis von potentiellen Verunreinigungen und Streckmitteln von Cannabisprodukten zu erhalten, analysierten wir im vorliegenden Projekt sichergestellte Cannabisproben (sog. Asservate) auf Rückstände von Pflanzenschutzmitteln (Pestizide), Streckmittel, Verschnittsubstanzen, mikrobiologische Verunreinigungen und anorganische Zusätze (Talk, Glas oder Schwermetalle). Dazu wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Screening auf gängige Pestizide (151 Proben)
2. Untersuchung der mikrobiologischen Qualität (12 Proben)
3. Screening auf anorganische Verbindungen (151 Proben)

1.3 Untersuchungsmaterial und Untersuchungsmethoden

Als Untersuchungsmaterial dienten für den Schwarzmarkt „repräsentative“ Marihuana- und Haschischproben, welche einerseits aus Sicherstellungen von Kleinmengen gewonnen werden konnten und andererseits von inländischen Produzenten eingezogen wurden. Die Asservate stammen aus den Kantonen Bern, Zürich, Neuenburg, St. Gallen, Tessin, Luzern, Aargau und Fribourg. Als Vergleich dienten Proben aus den Kantonen Basel und Zürich, welche vom Produzenten als „biologisch angebaut“ deklariert wurden.

Für die Untersuchungen wurden verschiedene Analysemethoden (siehe Tabelle 1) verwendet. Die gezielte Untersuchung auf Pestizide erfolgte einerseits mittels Flüssigchromatographie kombiniert mit hochauflösender Tandem-Massenspektrometrie (LC-QqTOF-MS/MS²) und andererseits mittels DSA³ AxION 2 TOF MS, welches nebst Pestiziden auch Pharmawirkstoffe im Screening erfassen kann. Weiter wurde die mikrobiologische Qualität eines Teils des Materials untersucht. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen erfolgten zur Detektion von Partikeln und zur Bestimmung deren Zusammensetzung mit Energiedispersiver Röntgen-Spektrometrie (EDX). Für die Analyse auf Schwermetalle mittels Elementaranalyse wurde Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) eingesetzt.

² Liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry

³ Direct Sample Analysis

Tabelle 1: Untersuchungsmethoden und Substanzen

	Verschnittsubstanzen (z.B. Cannabinoide)	Streckmittel (z.B. Talk, Glas, Bleisalze)	Kontamination (z.B. Pestizide)	Mikrobiologische Kontamination (z.B. Schimmel)	Anorganische Substanzen (z.B. Schwermetalle)
LC-MS/MS			x		
DSA-TOF	x		x		
Mikrobiologie				x	
REM/EDX		x			x
ICP / MS		x			x

2 Pestizide

2.1 Einleitung

Das Screening auf gängigen Pestizide erfolgte mittels Flüssigchromatographie kombiniert mit hochauflösender Tandem-Massenspektrometrie (LC-QqTOF-MS/MS). Insgesamt wurden 151 Hanfproben aus verschiedenen Regionen der Schweiz auf gängige Pestizidrückstände untersucht (siehe dazu auch die als Fussnote zitierten Webseiten: («Alan Wood's Web site», o. J.) («EURL DataPool», o. J.) («Parameters for the determination of pesticide residues - BfR», o. J.). Davon stammen 4 aus der Region Tessin, 4 aus der Region Basel, 7 aus der Region Luzern, 12 aus der Region Zürich, 38 aus der Region Neuenburg und 75 aus der Region Bern. Die Hanfproben wurden mittels modernster Technik analysiert (Huntscha, Singer, McArde, Frank, & Hollender, 2012; Mol u. a., 2008; Schreiber, 2014). Die Aufarbeitung der Proben erfolgte mittels Rückstandsanalytik, welche im folgenden Kapitel genauer erläutert wird. Durch die limitierte Menge der jeweiligen Proben wurde auf eine vorgängige Homogenisierung verzichtet. Dies hat allenfalls zur Folge, dass vermehrt an der Oberfläche anhaftende Substanzen vorgefunden werden und nicht jene, welche in die Pflanzen eingebaut wurden.

In den Applikationslaboratorien der Firma PerkinElmer in Monza wurde eine erste Screeninganalyse auf Pestizide, Fungizide und Pharmawirkstoffe mittels DSA AxION 2 TOF durchgeführt. Dabei wurden mehr als 90 Proben analysiert und Extrakte aus dem Stofflabor des Instituts für Rechtsmedizin (IRM) Bern verwendet. Bei ca. 1/3 der hauptsächlich aus dem Einzugsgebiet des IRM Bern stammenden und vorgängig zwecks Gehaltsbestimmung homogenisierten Proben ergaben sich Hinweise auf Pestizidrückstände von Pyrethrin, Bifenthrin, Diazinon und Permethrin. Schwache Hinweise ergaben sich für Atrazin und Simazin. Die DSA AxION 2 TOF MS – Methode ist für Rückstandsanalysen in pflanzlichem Untersuchungsgut empfindlich sowie hoch spezifisch und deshalb für die vorgesehenen Untersuchungen geeignet. Jedoch bedarf es einer weiterführenden grundlegenden Methodenentwicklung und zusätzlicher Bestätigungsanalysen für die Absicherung der vorläufigen Resultate. Das Verfahren konnte aufgrund eines Personalwechsels beim Kooperationspartner (PerkinElmer, Monza) während des Projektzeitraums nicht vollständig validiert werden. Deshalb wurden

die restlichen Analysen im IRM Bern mit dem Pestizid-Screening-Verfahren LC-QqTOF MS/MS durchgeführt.

2.2 Methodik

2.2.1 Probenaufbereitung

Von den getrockneten Hanfproben (Blüten, Blütenständen oder Blättern) wurden jeweils 500 mg in ein 12 mL Polypropylenröhrchen abgewogen und mittels QuEChERS⁴-Methode, der allgemein gängigen Aufarbeitungsmethode, welche heute zur Bestimmung von Pestiziden in Lebensmitteln genutzt wird, aufgearbeitet. Folgende Arbeitsschritte wurden gewählt:

- 500 mg Pflanzenmaterial in ein Polypropylenröhrchen abwägen und anschliessend 8.5 mL Acetonitril (mit 1% Essigsäure versetzt), 0.5 mL Wasser, 250 mg eines Gemisches Natriumacetat/Magnesiumsulfat (1/1) dazugeben und von Hand schütteln.
- Proben während 45 Minuten automatisch schütteln und danach 35 Minuten zentrifugieren.
- Ein Milliliter des Überstands in eine SPE-Kartusche (dispersive Solid Phase Extraction) geben, 10 Minuten schütteln und dann 10 Minuten zentrifugieren. Es folgt die Analyse des Überstands.

2.2.2 Analyse/Auswertung

Die aufgearbeiteten Proben sind mittels UHPLC⁵ aufgetrennt und mit einem Hybrid-Massenspektrometer (QqTOF) mit Hochauflösung massengenau analysiert worden. Als Instrumente dienten UHPLC Komponenten der Firma Dionex (Ultimate 3000) und ein Hybrid-Massenspektrometer der Firma Sciex (TripleTOF 5600). Für die Auftrennung wurden folgende Parameter verwendet:

Laufmittel A (5 mM Ammoniumformiat / 0.1% Ameisensäure in Wasser), Laufmittel B (Methanol / 5mM Ammoniumformiat / 0.1% Ameisensäure); Gradientenprogramm mit linearem Gradienten und einer Flussrate von 500 µL/min: 0 - 0.5 min: 10% B, 0.5 - 2 min: 10 - 30% B, 2 - 9 min: 30 - 60% B, 9 - 11 min: 60 - 80% B, 11 - 12 min: 80 - 97.5% B, 12 - 15 min: 97.5% B, 15 - 16 min: 90 - 10% B, 16 - 20 min: 10% B.

Von jeder aufgearbeiteten Probe wurden jeweils 2.5 Mikroliter injiziert. Als analytische Trennsäule diente eine Phenomenex Kinetex Biphenyl Säule (50 x 2.1 mm mit 2.6 µm Partikelgrösse). Für die Massendetektion wurde ein Massenbereich von 100-950 Thomson (amu) verwendet und alle möglichen Fragment-Ionen mittels SWATH-MS Scanmodus (Sequential Windowed Acquisition of All Theoretical Fragment Ion Mass Spectra) detektiert.

Die Auswertung der aufgezeichneten MS- und MS/MS-Spektren erfolgte mittels Target-Analyse und mit massenspektrometrischer Hochauflösung. Als Auswertungssoftware wurde die Software MasterView der Firma Sciex eingesetzt. Folgende Parameter der Auswertung wurden angewendet:

- 10-Milli-Thomson (amu) Massengenauigkeit
- Retentionszeit der Referenzsubstanzen
- Isotopenmuster

⁴ Quick Easy Cheap Effective Rugged Safe

⁵ Ultra high pressure liquid chromatography

- MS/MS Spektrenübereinstimmung mit den jeweiligen Referenzsubstanzen

Die Bewertung „Pestizid-positive“ Hanfprobe erhielten jene, bei denen ein Pestizid mittels Massengenauigkeit, Isotopenmuster, Retentionszeit und Referenzspektrum (MS/MS-Spektrum) eindeutige identifiziert werden konnte. Als Vergleichsproben dienten 800 Referenzsubstanzen (Fungizide, Insektizide und Herbizide) des kantonalen Laboratoriums Bern, welche aktuell in der Rückstandsanalytik für Lebensmittel eingesetzt werden.

2.3 Resultate

Durch die beschriebene Analyseverfahren konnten in 12 Hanfproben Rückstände von Pestiziden nachgewiesen werden (Tabelle 2). Bei den 12 positiv getesteten Proben konnten insgesamt 5 verschiedene Substanzen detektiert werden: zwei verschiedene Fungizide (Propamocarb, Metalaxyl) und drei verschiedene Insektizide (Imidacloprid, Dimethoate, Diethyltoluamid⁶). Drei Proben aus der Region Tessin und eine Probe aus der Region Luzern enthielten das Fungizid Propamocarb und eine Probe aus der Region Bern das Fungizid Metalaxyl. Das Insektizid Imidacloprid konnte in je einer Probe aus der Region Neuenburg und Bern nachgewiesen werden. In einer Probe aus der Region Neuenburg und drei Proben aus der Region Bern wurden Rückstände von Diethyltoluamid festgestellt und in einer Probe aus der Region Neuenburg Dimethoate (beides Insektizide). Keine Pestizidrückstände wurden mit der angewendeten Analyseverfahren in den 4 „Biohanfproben“ aus der Region Basel sowie in den 12 Hanfproben aus der Region Zürich nachgewiesen. Mit der Analyseverfahren DSA konnte bei ca. 1/3 des untersuchten Materials Hinweise auf Pestizidrückstände gefunden werden.

Tabelle 2: Positive Resultate der LC/MS/MS Pestizidanalysen (LC-QqTOF-MS/MS)

Probennummer	Gefundenes Pestizid	Signalstärke der gefundenen Pestizide	Anbau
Tessin-07	Propamocarb	sehr stark	Indoor
Tessin-08	Propamocarb	stark	Indoor
Tessin-13	Propamocarb	schwach	Indoor
Luzern-07	Propamocarb	mittel	keine Angaben
Neuenburg-19	Imidacloprid	stark	keine Angaben
Neuenburg-24	Dimethoate	stark	keine Angaben
Neuenburg-27	Diethyltoluamid (DEET)	schwach	keine Angaben
Bern-35	Diethyltoluamid (DEET)	mittel	Indoor
Bern-48	Imidacloprid	schwach	Indoor
Bern-53	Metalaxyl	mittel	möglicher Import aus Albanien
Bern-65	Diethyltoluamid (DEET)	stark	Outdoor
Bern-72	Diethyltoluamid (DEET)	mittel	Outdoor

⁶ Diethyltoluamid (DEET) wird hauptsächlich als Insektenabwehrstoff (Repellent) verwendet.

3 Mikrobiologie

3.1 Einleitung

Die Untersuchungen auf mikrobiologische Qualität der Cannabisproben erfolgte an der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux. Es wurden 12 Hanfproben, davon drei Haschisch- und neun Blüten-Proben aus der Region Bern analysiert. Für die Untersuchungen wurde eine grössere Menge an Material (mindestens 20 g pro Probe) benötigt, weshalb diese mikrobiologische Analyse von Hanfproben aus anderen Regionen nicht möglich war.

3.2 Methodik

Die angewandten Methoden wurden gemäss dem Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) und ISO 4883:2003 sowie ISO 21527-2:2008 durchgeführt. In jeder Probe wurden Schimmelpilzsporen, Hefepilze und aerobe mesophile Keime gezählt und klassifiziert (produkttypische Arten und Verderbniserreger). Zur Interpretation dienen Orientierungswerte für Tierfuttermittel, Tee und pharmazeutische Zubereitungen (Anwendung durch Inhalation), da keine Zielwerte für Cannabis oder Tabak bekannt sind. Bei den Orientierungswerten handelt es sich jedoch um vertretbare Obergrenzen für die Konzentration von Schimmelpilzsporen, Hefepilzen oder aeroben mesophilen Keimen, bis zu denen die mikrobiologische Qualität des Futtermittels (bzw. Tee oder pharmazeutische Zubereitung für Inhalation) als normal bzw. akzeptabel eingestuft werden kann (Gafner, 2012) (Tabelle 3). Die Bestimmung des Keimgehaltes wird in KBE/g (koloniebildende Einheiten pro Gramm) ausgedrückt.

Tabelle 3: Orientierungswerte

	Aerobe Bakterien	Schimmelpilzen und Hefen
Pharmazeutische Zubereitungen (Anwendung durch Inhalation)	100 KBE/g	10 KBE/g
Tee (Sri Lanka Norm)	10'000 KBE/g	1'000 KBE/g
Kalbuttermittel (Kleie)	2'000'000 KBE/g produkttypische Arten	30'000 KBE/g produkttypische Arten
	500'000 KBE/g Verderbniserreger	20'000 KBE/g Verderbniserreger
	100'000 KBE/g Streptomyceten	5'000 KBE/g Mucoraceen
		50'000 KBE/g Hefen

Die mikrobiologische Qualität (resp. der Verderbnisgrad) wird in folgende vier Kategorien eingeteilt:

- Grad 1: einwandfrei (unterhalb der Orientierungswerte)
- Grad 2: leicht vermindert (bis zu 5x)
- Grad 3: stark vermindert (bis zu 10x)
- Grad 4: verdorben (mehr als 10x)

3.3 Resultate

Tabelle 4 fasst die Resultate der 12 Proben zusammen.

Tabelle 4: Resultate mikrobiologische Qualität

	Pharmazeutische Zubereitungen (Anwendung durch Inhalation)	Tee	Kalbfuttermittel (Kleie)	Bemerkungen zur Qualität (Verfüttern von Cannabis an Nutztiere ist verboten)
n°1: Blüten	4	2	1	Wäre mikrobiologisch als Kalbfutter geeignet
n°2: Haschprobe	4	3	1	Wäre mikrobiologisch als Kalbfutter geeignet
n°3: Haschproben	4	3	1	Wäre mikrobiologisch als Kalbfutter geeignet
n°4: Haschproben	4	2	1	Wäre mikrobiologisch als Kalbfutter geeignet
n°5: Blüten	4	3	1	Wäre mikrobiologisch als Kalbfutter geeignet
n°6: Blüten	4	1	1	Wäre mikrobiologisch als Tee oder Kalbfutter geeignet
n°7: Blüten	1	1	1	Einwandfrei
n°8: Blüten	4	1	1	Wäre mikrobiologisch als Tee oder Kalbfutter geeignet
n°9: Blüten	4	4	1	Wäre mikrobiologisch als Kalbfutter geeignet
n°10: Blüten	4	4	4	Verdorben
n°11: Blüten	4	4	2	Mikrobiologisch leicht vermindert für Kalbfutter
n°12: Blüten	4	1	1	Wäre mikrobiologisch als Tee oder Kalbfutter geeignet

Grad 1: einwandfrei – Grad 2: leicht vermindert – Grad 3: stark vermindert – Grad 4: verdorben

Nur eine Probe erreichte die nötige Qualität für eine pharmazeutische Zubereitung mit Anwendung durch Inhalation (Tabelle 4). Vier Proben könnten als Tee gebraucht werden und 10 Proben entsprechen in ihrer mikrobiologischen Qualität noch einem Kalbfuttermittel. Anders ausgedrückt heisst dies, dass nur eine Probe als Inhalations-Präparation (und Tee/Kalbfutter), weitere drei Proben als Tee (und Kalbfutter) und weitere 6 Proben nur als Kalbfuttermittel biologisch einwandfrei sind. Eine Probe wäre in mikrobiologischer Hinsicht selbst als Futtermittel für Kälber nicht geeignet. (In der Schweiz ist das Verfüttern von Hanf an Nutz- und Haustiere verboten).

Die 3 Haschischproben wären ungenügend gemäss Inhalations- und Teekriterien, erreichten aber die mikrobiologische Qualität eines Kalbfuttermittels. Bei der für alle drei Zielkategorien einwandfreie Probe und bei den „Tee-konformen“-Proben handelt es sich um Blütenproben. Die verdorbenen Proben weisen eine erhöhte Anzahl an Schimmelpilzsporen auf und enthalten neben produkttypischen Arten auch Verderbniserreger. Einige Proben haben zusätzlich auch einen überhöhten Gehalt an Bakterien.

4 Anorganische Substanzen

4.1 Einleitung

Bei Genussmitteln gelten Schwermetallrückstände als unerwünschte Stoffe, bei Heilmitteln sind die Grenzwerte in den Monographien festgelegt. Es existieren keine Grenzwerte für Schwermetalle bei Rauchwaren (Tabak), lediglich bei Lebensmitteln wie z.B. Getreide, Fleisch und Fisch. Cadmium- und Blei-Gehalte werden z.B. auf die Kontamination der Umwelt zurückgeführt, sind also abhängig vom Ort des Anbaus oder Aufzucht des Lebensmittels.

Das Screening auf Metall- und Salzzusätze als Streckmittel erfolgte einerseits mittels rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen mit Energiedispersiver Röntgen-Spektrometrie (EDX) und andererseits mittels anorganischer Elementanalytik (ICP-MS). Diese ermöglichte die Identifizierung und Quantifizierung verschiedener chemischer Elemente des Periodensystems.

4.2 Methodik

Bei den rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen wurden mithilfe eines Hitachi S-3000N Rasterelektronenmikroskops hochaufgelöste Bilder der Proben aufgenommen. Die Proben wurden mittels C-Leitklebern auf Al-Probenträger montiert. Zur Vermeidung von Aufladungen wurde eine ca. 40 nm dicke Goldschicht auf die Oberfläche „gesputtert“. Die Bilder wurden mit Rückstreuielektronen (back scattering, BSE) im 3D-Modus aufgenommen. Es wurden typischerweise Beschleunigungsspannungen von 25kV und Strahlströme von ca. 130 mA verwendet. Die Zusammensetzung der Proben wurde mit einem Noran SIX NSS200 Energie-dispersiven Röntgen-Spektrometer (EDX) untersucht. Hierfür wurden Proben ohne Goldbeschichtung verwendet. Im Elektronenstrahl emittiert die Probe dabei charakteristische Röntgenstrahlung, die in einem mit flüssigem Stickstoff gekühlten Si-Detektor analysiert wird. Die Energie der Röntgenstrahlen ist elementspezifisch und die Intensitätsverteilung erlaubt eine quantitative Analyse.

Für die anorganische Elementanalytik wurde ein Massenspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) eingesetzt, wodurch die Multielement-Bestimmung der meisten Metalle und einiger Nichtmetalle bis in den Ultraspurenbereich gewährleistet wird. Durch ein Kollisions-Reaktions-Interface (CRI) werden Interferenzen von Molekülen deutlich reduziert, was die Analyse des ansonsten nur schwer messbaren Elements Eisen erlaubt. Die Quantifizierung erfolgte nach „Veraschung“ und Aufschluss der Proben mit konzentrierter Salpeter- und Perchlorsäure in wässriger Lösung im halbquantitativen Modus.

Proben aus einer Region wurden zum Teil vereinigt (gepoolt), um anorganische Substanzen als mögliche Streckmittel zu erkennen. Ausgewählte im REM verdächtige Proben wurden einzeln verascht. Der Glührückstand betrug jeweils ca. 10 Gewichtsprozente. Um Kreuzkontamination der Proben zu vermeiden, wurden für die Veraschung jeweils neue Porzellantiegel verwendet. Die Veraschung erfolgte im Porzellantiegel durch Erhitzen mit rauschender Flamme. Die detaillierte Tabelle mit den entsprechenden Ergebnissen befindet sich im Anhang 5.

4.3 Resultate

Bei den rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen waren die meisten Proben unauffällig. Anorganische Streckmittel, insbesondere Talk oder Glasperlen, waren nicht ersichtlich. In einer Probe aus dem Tessin wurden eisenhaltige Partikel nachgewiesen. Diese Probe war auch am meisten mit Schwermetallrückständen belastet. Die Untersuchung der genannten Probe auf Nanopartikel ergab kein eindeutiges Resultat.

Die Untersuchungen durch anorganische Elementanalytik haben gezeigt, dass einige Proben im Vergleich zum „Biohanf“ einen erhöhten Gehalt an Schwermetallen aufwiesen. Diese sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Tabelle 5: Resultate anorganische Zusätze

Schwermetall	Untersuchte Werte im Vergleich zu Biohanf
Chrom	Erhöhter Wert bei zwei Proben
Barium	Deutlich erhöhter Wert bei einer Probe
Cer	Deutlich erhöhter Wert bei vier Proben
Cobalt	Deutlich erhöhter Wert bei drei Proben
Bismut	Deutlich erhöhter Wert bei zwei Proben
Aluminium	Deutlich erhöhter Wert bei drei Proben
Eisen ⁷	Deutlich erhöhter Wert bei einer Probe

Die Resultate zeigen, dass zwei Proben einen erhöhten Wert an Chrom aufweisen - im Vergleich zu „Biohanf“ und auch mit Bezug auf die „zulässigen Grenzkonzentrationen für einzelne Metalle (bei oraler Belastung)“ gemäss der Europäische Pharmakopöe 8.0 (2014). Auch bei weiteren Schwermetallen wurden erhöhte Werte im Vergleich zu „Biohanf“ gefunden. Bei diesen existieren jedoch gemäss der Europäischen Pharmakopöe keine Grenzwerte.

5 Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben ergeben, dass Cannabis mit Pestiziden oder Schwermetallen belastet sein kann. Nur eine Probe von 12 untersuchten wies die nötige mikrobiologische Qualität für eine pharmazeutische Zubereitung mit Anwendung durch Inhalation auf. Keine Hinweise bei den untersuchten Proben ergaben sich auf den Zusatz von Pharmawirkstoffen als Verschnittstoffe sowie gängige Streckmittel wie Talk, Glasperlen oder Bleisalze. Auf neue synthetische Cannabinoide wurde nur mittels DSA AxION 2 TOF geprüft. Diese Untersuchungen verliefen negativ.

In den insgesamt 151 Hanfproben aus der Schweiz, die mittels LC-QqToOF-MS/MS auf Rückstände von Pestiziden untersucht wurden, sind 12 Proben bzw. 8 % positiv getestet worden. Die Untersuchung der mikrobiologischen Qualität hat gezeigt, dass als Inhalationsanwendung beim Menschen nur eine

⁷ Kontamination mit Eisenpartikeln per REM detektiert

einzigste Probe, von insgesamt 12 untersuchten, geeignet wäre. In den meisten Fällen entspricht Cannabis nur der mikrobiologischen Qualität eines Kalbfuttermittels. Dies heisst, dass die Konsumenten höchst wahrscheinlich häufig mikrobiologisch kontaminiertes Material konsumieren. Des Weiteren wurden erhöhte Werte von Schwermetallen (Chrom, Cer, Cobalt, Bismut und Aluminium) in verschiedenen analysierten Proben gefunden. Schwermetallrückstände gelten bei Genussmitteln als unerwünschte Stoffe, bei Heilmitteln sind Grenzwerte in den Monographien festgelegt. Bei Rauchwaren (Tabak) sind im Gegensatz zu Lebensmitteln keine Grenzwerte für Schwermetalle gesetzlich festgelegt. Unauffällig war die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung auf anorganische Streckmittel wie Talk oder Glasperlen. Einzig in einer Probe aus dem Tessin wurden eisenhaltige Partikel nachgewiesen.

6 Diskussion

In einem Teil der untersuchten Cannabisasservate wurden Rückstände von Pestiziden, meist erhöhte Werte für Schimmelpilzsporen und Verderbniserreger, erhöhte Werte für Chrom, Cer, Cobalt, Bismut und Aluminium sowie in einer Probe Eisenspäne gefunden.

Unsere Resultate bestätigen den Verdacht von Verunreinigungen in Cannabisproben. In der Diskussion um die Legalisierung des Cannabisanbaus – wie in einigen Bundesstaaten der USA – stellt die zunehmende Verwendung von Pestizidwirkstoffen einerseits für die Regulierungsbehörden und andererseits für die Verbraucher ein wachsendes Problem dar (McLaren u. a., 2008). Mittels verbindlicher Listen mit zugelassenen Pestiziden versucht man in den USA den Cannabiszüchtern aufzuzeigen, welche Auswirkungen Pestizide für den Anbauer sowie Endverbraucher haben können (Washington State Department of Agriculture, 2013). Ebenfalls existieren Grenzwerte für Lebensmittel (z.B. Getreide, Fleisch oder Fisch) hinsichtlich der Belastung mit Schwermetallen, wohingegen für Tabakwaren in der Schweiz noch keine fixen Grenzwerte vorgegeben sind. Es muss angenommen werden, dass dies ebenfalls für medizinische Cannabisprodukte einheimischer Produktion der Fall ist. Aufgrund der eher bescheidenen wissenschaftlich publizierten Informationen über gesundheitliche Auswirkungen unterschiedlicher Stoffe und Kontaminationen in den Cannabisproben, muss – gemäss unserer Studie – vor allem die mikrobiologische Qualität (91% der untersuchten Proben werden als verdorben klassifiziert) als besorgniserregend angesehen werden. In verschiedenen Studien konnte ein Zusammenhang zwischen mikrobiologisch kontaminierten Tabak und Gesundheitsrisiken aufgezeigt werden. Chronische Entzündungen stellen dabei das pathophysiologische Korrelat dar, verursacht durch Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) oder deren Produkte (z.B. Toxine). Bakterien-induzierte chronische Entzündungen sind verschiedentlich verantwortlich für Krebsleiden (Pauly & Paszkiewicz, 2011). Ebenfalls konnten wir Schimmelpilze/Sporen im Cannabis nachweisen, deren Auswirkungen auf die Gesundheit aber im Vergleich zu Tabak wenig bis gar nicht erforscht sind (Verweij u. a., 2000). Der Zeitpunkt einer mikrobiologischen Kontamination kann dabei eine entscheidende Rolle spielen. So sind Kontaminationen zum Erntezeitpunkt anders zu bewerten als solche, welche im Verarbeitungsprozess, bei der Lagerung oder im Handel erfolgen (z.B. beim Dealer und Konsumenten bzw. nach Sicherstellung bei der Polizeibehörde).

Die aktuelle wissenschaftliche Literatur hat relativ wenige Fragestellungen rund um die Kontamination von Cannabis untersucht. Aus Public Health Sicht würden genauere Untersuchungen zu den Auswirkungen von Pestiziden, Schwermetallen und Bakterien sowie deren Toxinen usw. auf den menschlichen Körper wertvolle Informationen liefern. Subgruppenanalysen bei z.B. sich im Wachstum befindenden oder immungeschwächten Personen, Allergikern, oder Diabetikern, könnten unter Umständen statistisch signifikante Ergebnisse liefern (McPartland und Pruitt, 1997).

Verunreinigungen in Cannabisasservaten können nicht ausgeschlossen werden. Sie können durch den Konsumenten nur in krassen Fällen selbst erkannt werden. Dies, weil der Anbau und Handel bisher in der Illegalität stattfindet. Es erfolgt dabei keinerlei chemische oder mikrobiologische Qualitätskontrolle. Bisher existieren keine behördlich festgelegten Grenzwerte für Kontaminationen. Um das Gesundheitsrisiko für Konsumenten zu minimieren und gegebenenfalls notwendige staatliche Interventionen besser begründen zu können, ist es auf Grund der Resultate dieser Pilotstudie dringend notwendig, ein weitergehendes Monitoring der Qualität von Cannabisprodukten durchzuführen. Weiterführende Untersuchungen über potentielle Ursachen, welche die Kontamination von Cannabis betreffen oder aber toxikologische Auswirkungen untersuchen, sollten sinnvollerweise in grösseren Populationen erfolgen, damit verlässlichere Aussagen gemacht werden können.

7 Literaturverzeichnis

- Alan Wood's Web site. (o. J.). Abgerufen 9. Oktober 2016, von <http://www.alanwood.net/>
- American Herbal Pharmacopeia. (2013). Cannabis Inflorescence. Scott's Calley, CA. Abgerufen von http://american-safe-access.s3.amazonaws.com/documents/AHP_Cannabis_Monograph_Preview.pdf
- Annaheim, B., & Gmel, G. (2009). Abhängigkeiten. *Vom Hanfladen auf die Gasse? Ein Vergleich der Bezugsquellen von Cannabis bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen zwischen den Jahren 2004 und 2007.*, 1(9), 38–55.
- Busse, F. P., Fiedler, G. M., Leichtle, A., Hentschel, H., & Stumvoll, M. (2008). Lead Poisoning Due to Adulterated Marijuana in Leipzig. *Deutsches Ärzteblatt International*, 105(44), 757–762. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2008.0757>
- Delourme, J., Delattre, C., Godard, P., Steenhouwer, F., & Just, N. (2009). [Respiratory consequences of inhalation of adulterated cannabis]. *Revue Des Maladies Respiratoires*, 26(5), 552–556.
- EURL DataPool. (o. J.). Abgerufen 9. Oktober 2016, von <http://www.eurl-pesticides-datapool.eu/>
- Europäische Pharmakopöe 8.0. (2014). Europarat.
- Gafner, J.-L. (2012). Mikrobiologische Qualität von Futtermitteln. *Agrarforschung Schweiz*, (5), 252–257.
- Gmel, G., Kuendig, H., Notari, L., & Gmel, C. (2015). *Suchtmonitoring Schweiz - Konsum von Alkohol, Tabak und illegalen Drogen in der Schweiz im Jahr 2014*. Lausanne: Sucht Schweiz.
- Hazekamp, A. (2006). An evaluation of medicinal grade cannabis in the Netherlands. *Cannabinoids*, S. 1–9.
- Huntscha, S., Singer, H. P., McArdell, C. S., Frank, C. E., & Hollender, J. (2012). Multiresidue analysis of 88 polar organic micropollutants in ground, surface and wastewater using online mixed-bed multilayer solid-phase extraction coupled to high performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1268, 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2012.10.032>
- Liddle, J. A., Needham, L. L., Rollen, Z. J., Roark, B. R., & Bayse, D. D. (1980). Characterization of the contamination of marijuana with paraquat. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 24(1), 49–53.
- McLaren, J., Swift, W., Dillon, P., & Allsop, S. (2008). Cannabis potency and contamination: a review of the literature. *Addiction*, 103(7), 1100–1109. <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2008.02230.x>
- McPartland, J. (2002). Contaminants and adulterants in herbal Cannabis. In F. Grotenhermen & E. Russo (Hrsg.), *Cannabis and Cannabinoids: Pharmacology, Toxicology and Therapeutic Potential* (S. 337–343). Bringhamton, NY: Haworth Press.
- McPartland, J., & Pruitt, P. L. (1997). Medical marijuana and its use by the immunocompromised. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 3(3), 39–45.

- Mol, H. G. J., Plaza-Bolaños, P., Zomer, P., de Rijk, T. C., Stolker, A. A. M., & Mulder, P. P. J. (2008). Toward a Generic Extraction Method for Simultaneous Determination of Pesticides, Mycotoxins, Plant Toxins, and Veterinary Drugs in Feed and Food Matrixes. *Analytical Chemistry*, *80*(24), 9450–9459. <https://doi.org/10.1021/ac801557f>
- Needham, L., Paschal, D., Rollen, Z. J., Liddle, J., & Bayse, D. (1979). Determination of paraquat in marijuana by reversed-phase paired-ion high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatographic Science*, *17*(2), 87–90.
- Parameters for the determination of pesticide residues - BfR. (o. J.). Abgerufen 9. Oktober 2016, von http://www.bfr.bund.de/de/parameters_for_the_determination_of_pesticide_residues-5832.html
- Pauly, J. L., & Paszkiewicz, G. (2011). Cigarette Smoke, Bacteria, Mold, Microbial Toxins, and Chronic Lung Inflammation. *Journal of Oncology*, *2011*, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2011/819129>
- Pérez-Parada, A., Alonso, B., Rodríguez, C., Besil, N., Cesio, V., Diana, L., ... Heinzen, H. (2016). Evaluation of Three Multiresidue Methods for the Determination of Pesticides in Marijuana (*Cannabis sativa* L.) with Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Chromatographia*, *79*(17–18), 1069–1083. <https://doi.org/10.1007/s10337-016-3029-9>
- Scheel, A. H., Krause, D., Haars, H., Schmitz, I., & Junker, K. (2012). Talcum induced pneumoconiosis following inhalation of adulterated marijuana, a case report. *Diagnostic Pathology*, *7*, 26. <https://doi.org/10.1186/1746-1596-7-26>
- Schreiber, A. (2014). Analysis of Pesticides in Food Samples Using the AB SCIEX Triple Quad 3500 System. AB SCIEX.
- Skeet, N. (2009). Los Angeles City Attorney: City Attorney Explains Medical Marijuana Issue on NBC. Abgerufen 9. Oktober 2016, von <http://lacityorgatty.blogspot.ch/2009/10/city-attorney-explains-medical.html>
- Stone, D. (2014). Cannabis, pesticides and conflicting laws: The dilemma for legalized States and implications for public health. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *69*(3), 284–288. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2014.05.015>
- Sullivan, N., Elzinga, S., & Raber, J. C. (2013). Determination of Pesticide Residues in Cannabis Smoke. *Journal of Toxicology*, *2013*, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2013/378168>
- Turner, C. E., Cheng, P. C., Torres, L. M., & Elsohly, M. A. (1978). Detection and analysis of paraquat in confiscated marijuana samples. *Bulletin on Narcotics*, *30*(4), 47–56.
- Verweij, P. E., Kerremans, J. J., Voss, A., & Meis, J. F. G. (2000). Fungal contamination of tobacco and marijuana. *JAMA*, (284), 2875.
- Washington State Department of Agriculture. (2013). Criteria for pesticides used for the production of marijuana in Washington. Department of Agricultural AGR PUB 701-398 (N/12/13), Olympia, Washington.

8 Abbildung – und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Untersuchungsmethoden der Substanzen	4
Tabelle 2: Positive Resultate der LC/MS/MS Pestizidanalysen (LC-Qq-TOF-MS/MS)	7
Tabelle 3: Orientierungswerte	8
Tabelle 4: Resultate mikrobiologische Qualität	9
Tabelle 5: Resultate anorganische Zusätze	11

9 Anhang

Anhang 1: Resultatbeispiel Pestizide: Hanfprobe aus der Region Tessin

Anhang 2: Resultatbeispiel Pestizide: Spektrenbibliothekssuche

Anhang 3: Mikrobiologie: Abbildung der Resultate von sechs Proben

Anhang 4: Schwermetalle: Probenmaterial

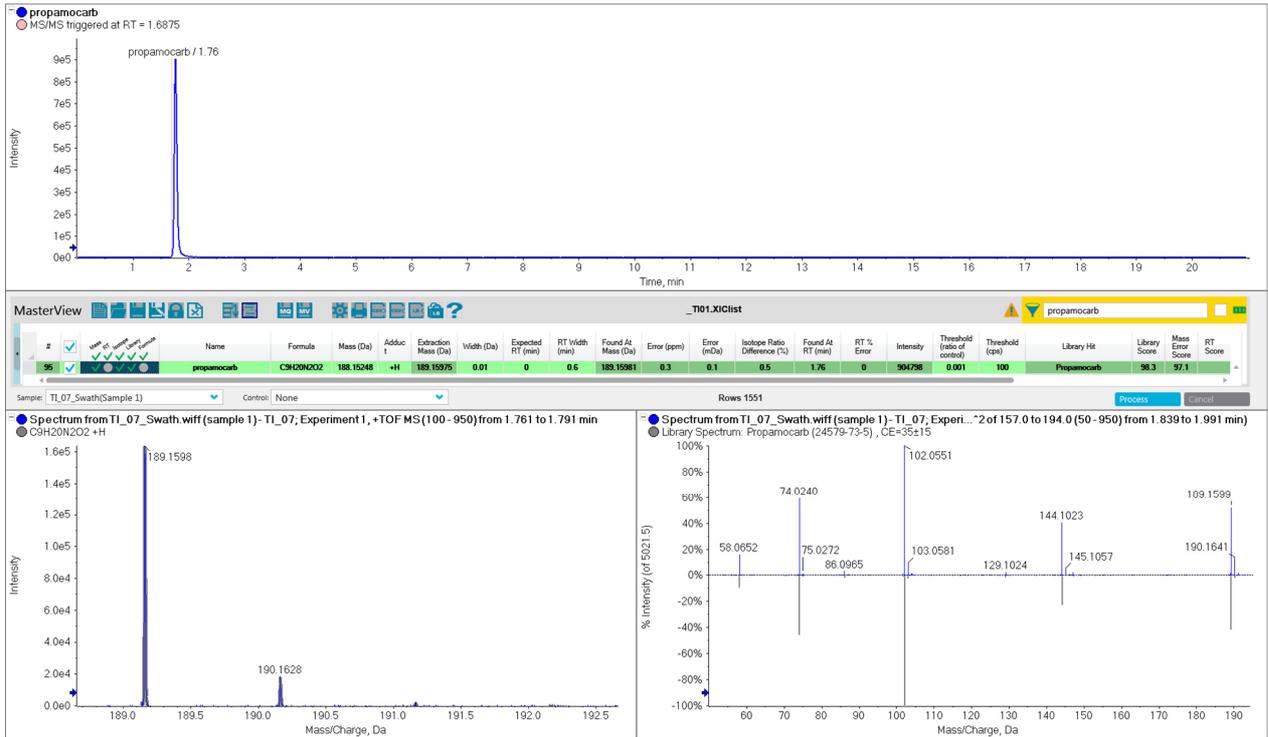
Anhang 5: Ergebnisse der Analysen auf Schwermetalle mittels ICP-MS

Anhang 6: Schwermetalle: Abbildung der Resultate von 2 Proben zur Illustration der Methode

Anhang 7: Schwermetalle: Resultate von 2 Proben

Anhang 1: Resultatbeispiel Pestizide: Hanfprobe aus der Region Tessin

(Massengenauigkeit 0.3 ppm, korrektes Isotopenmuster, Übereinstimmung Retentionszeit und Fragment-Ionen mit der entsprechenden Referenzsubstanz)



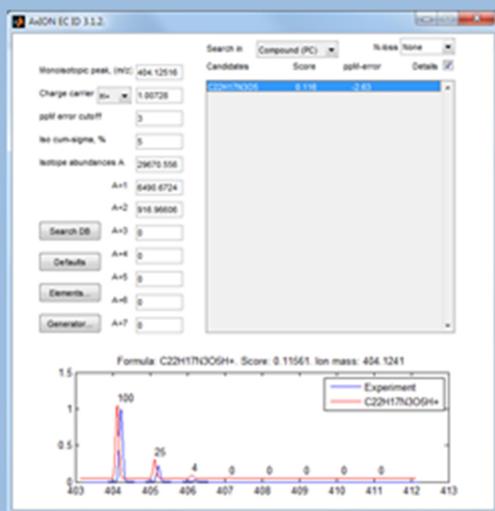
Referenzsubstanz Propamocarb



2. Schritt der manuellen Spektrenbibliotheksuche

u^b

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN



20

Internet Library-Suche mit Chem Spider

u^b

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/p... 403.11682067[monoisotopi...]

PubChem Compound 403.11682067[monoisotopicmass] and 0[totalformalcharge]

Display Settings: Summary, 20 per page, Sorted by Active AIDs

Results: 1 to 20 of 1251

1. **Azoxystrobin, Amistar, Banko**
MW: 403.387480 g/mol | MF: C₂₂H₁₇N₃O₉
RUPAC name: methyl (E)-2-[2-[5-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yl]oxyphenyl]...
CID: 3034295
[Summary](#) [Similar Compounds](#) [Same Parent Connectivity](#) [Mixture/Component Compounds](#) [PubMed \(MeSH Keyword\)](#) [Active in 57 of 450 BioAssays](#)

2. **MIL5001207225, SMR000515603, 4-[5-(2-Hydroxy-5-nitro-phenyl)-furan-2-ylmethylene]-5-methyl-2-p-tolyl-2,4-dihydro-pyrazol-3-one**
MW: 403.387480 g/mol | MF: C₂₂H₁₇N₃O₉
RUPAC name: 5-methyl-2-(4-methylphenyl)-4-[(E)-[5E]-5-(3-nitro-6-oxocyc...
CID: 56642954
[Summary](#) [Similar Compounds](#) [Same Parent Connectivity](#) [Active in 32 of 434 BioAssays](#)

Actions on your results:
BioActivity Analysis
Structure Clustering
Structure Download

Refine your results - What's new?
Chemical Properties
Rule of 5 (1,205)
BioActivity Experiments

Anhang 3: Mikrobiologie: Abbildung der Resultate von sechs Proben



Anhang 4: Schwermetalle: Probenmaterial

Sample	SEM Target No.
NE Rue 16	25
NE voie publique (A)	26
IACT_2014_Reg05 (B)	27
IACT_2014_Reg04 (C)	28
IACT_2014_Reg02 (D)	29
IACT_2014_Reg01 (E)	30
NE Rue (F)	31
NE voie publique (G)	32
ZH Strassenproben (H)	33
BS Biohanf (I)	34
ZH Biohanf (J)	35
St. Gallen (K)	36
St. Gallen (L)	37
Luzern (M)	38
NE Indoor (N)	39
NE Outdoor Pool (O)	40
NE Indoor (P) Import	41
BE Pool (A)	42
BE Pool (Q)	43
TI Indoor Pool (R)	44

Anhang 5: Ergebnisse der Analysen auf Schwermetalle mittels ICP-MS

Die angegebenen Konzentrationen in Promille (‰) und mg/kg (ppm) geben die Gehalte in der Asche an.

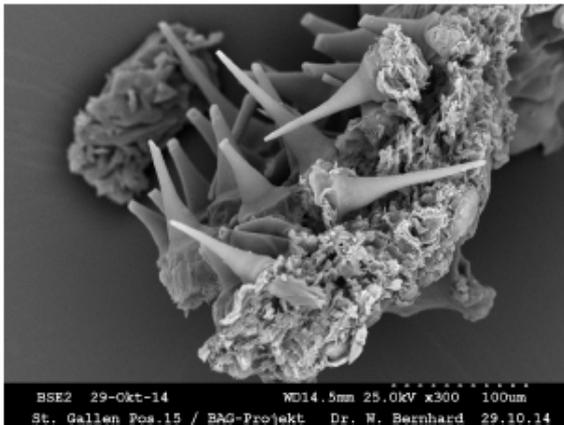
Sample	K (‰)	Ca (‰)	Mg (‰)	Al (‰)	Fe (‰)	Zn (‰)	Na (‰)		Cu (ppm)	Ba (ppm)	Cr (ppm)	Ce (ppm)	Co (ppm)	Bi (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Tl (ppm)
NE Rue 16	308	77	54	<0.7	-	0,9	<5		149	<30	<30	79	<1.9	<0.7	<2.0	<50	<6
NE voie publique (A)	264	93	55	<0.3	-	0,7	<3		109	52	<12	<13	1,6	<0.3	<0.9	<20	<3
IACT_2014_Reg05 (B)	376	<90	55	16	-	0,7	<7		275	459	164	42	15	<0.8	<2.0	<60	<7
IACT_2014_Reg04 (C)	332	114	53	19	-	0,9	<5		308	266	26	43	18	<0.6	<1.6	<40	<5
IACT_2014_Reg02 (D)	522	<400	75	<4	-	<1.9	<30		<800	<160	<140	<160	<11	<4	<11	<300	<30
IACT_2014_Reg01 (E)	62	223	32	29	17	<0.3	<20		<300	309	44	291	8	2,0	<0.4	<40	<6
NE Rue (F)	209	106	46	<0.4	1,9	0,7	<7		151	112	<7	11	1,0	<0.5	0,5	<15	<3
NE voie publique (G)	274	132	30	0,4	1,6	0,6	<8		169	73	224	2,3	0,9	<0.5	0,8	<17	<3
ZH Strassenproben (H)	217	147	51	<0.3	2,4	0,7	<6		<90	28	49	1,0	1,0	<0.5	0,4	<13	<2
BS Biohanf (I)	155	216	42	<0.7	4	0,5	<13		220	202	22	4	<0.8	<0.5	0,6	<30	<5
ZH Biohanf (J)	167	212	37	0,9	2,1	0,6	<11		<160	155	<12	3	1,1	<0.5	<0.3	<20	<4
St. Gallen (K)	160	201	68	<0.8	1,3	0,7	<15		<200	189	<16	<30	<1.0	0,8	<0.4	<30	<5
St. Gallen (L)	314	102	63	<0.6	2,1	1,0	<11		199	35	<11	9	<0.7	<0.5	<0.3	<20	<4
Luzern (M)	227	151	54	<0.3	1,6	0,8	<5		140	65	<51	1,0	0,6	<0.5	<0.1	<11	<2
NE Indoor (N)	256	125	69	<0.4	3	0,9	<8		<110	25	<8	2,3	<0.5	1,0	0,2	<17	<3
NE Outdoor Pool (O)	275	183	24	<0.3	1,0	0,6	<5		120	212	<5	1,0	<0.3	<0.5	<0.1	<11	<2
NE Indoor (P) Import	274	78	58	<0.5	3	0,7	<9		173	<20	<10	13	<0.6	<0.5	<0.2	<20	<3
BE Pool (A)	317	156	50	1,7	3	0,9	<3		130	47	5	6	3	<0.5	0,7	<7	<1
BE Pool (Q)	347	109	43	<0.6	3	0,8	<11		<160	75	<12	3	<0.7	<0.5	<0.3	<20	<4
TI Indoor Pool (R)	241	201	52	<0.6	2,0	1,3	<12		238	35	<13	<30	<0.8	<0.5	0,7	<30	<4
Mittel (alle)	265	146	51	11	3	0,8	<NWG		183	138	76	32	5	1,3	0,5	<NWG	<NWG
Gestutztmittel	265	144	51	9	2	0,8	<NWG		174	111	61	9	3	1,3	0,6	<NWG	<NWG
Stabw (alle)	97	49	13	12	4	0,2	<NWG		61	122	84	72	6	0,7	0,2	<NWG	<NWG

grün: Biohanf orange: gegenüber Biohanf erhöhte Werte

21 Probe IACT_2014_Reg01 (E): mit Eisenpartikeln versetztes Haschisch

Anhang 6: Schwermetalle: Abbildung der Resultate von 2 Proben zur Illustration der Methode

1_Pos15-1.bmp



1_Pos15-2.bmp

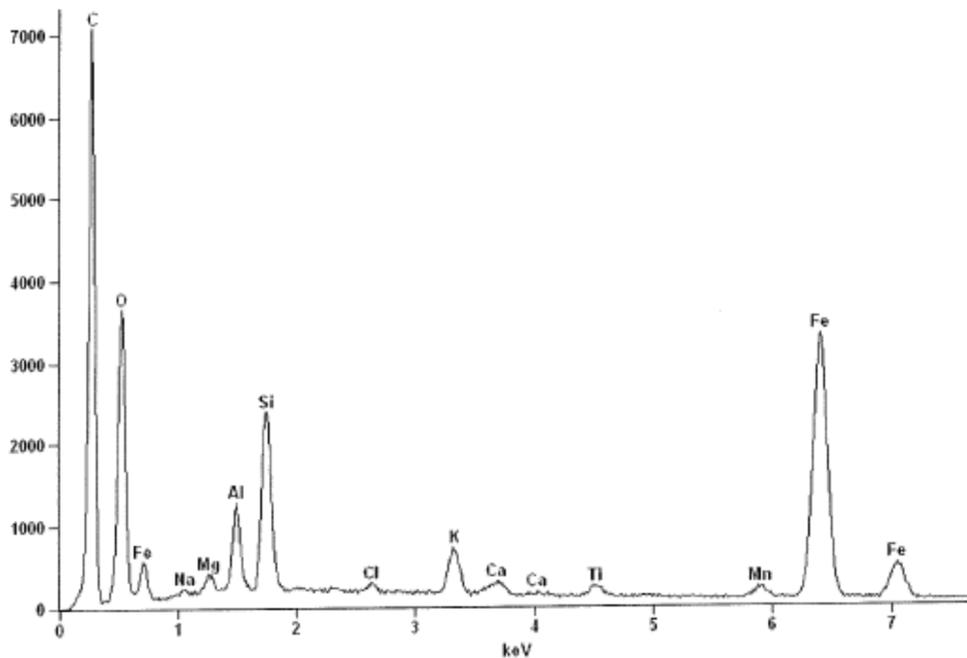


Anhang 7: Schwermetalle: Resultate von 2 Proben (Probe mit vermehrtem Eisengehalt n°3 und unauffällige Probe n°9)

Nr.3 TI IACT 2014 Reg-01 (heller Partikel; vermehrt Fe analysiert)

Full scale counts: 7073

TI IACT2014 Reg-01(1)



Live Time: 100.0 sec.

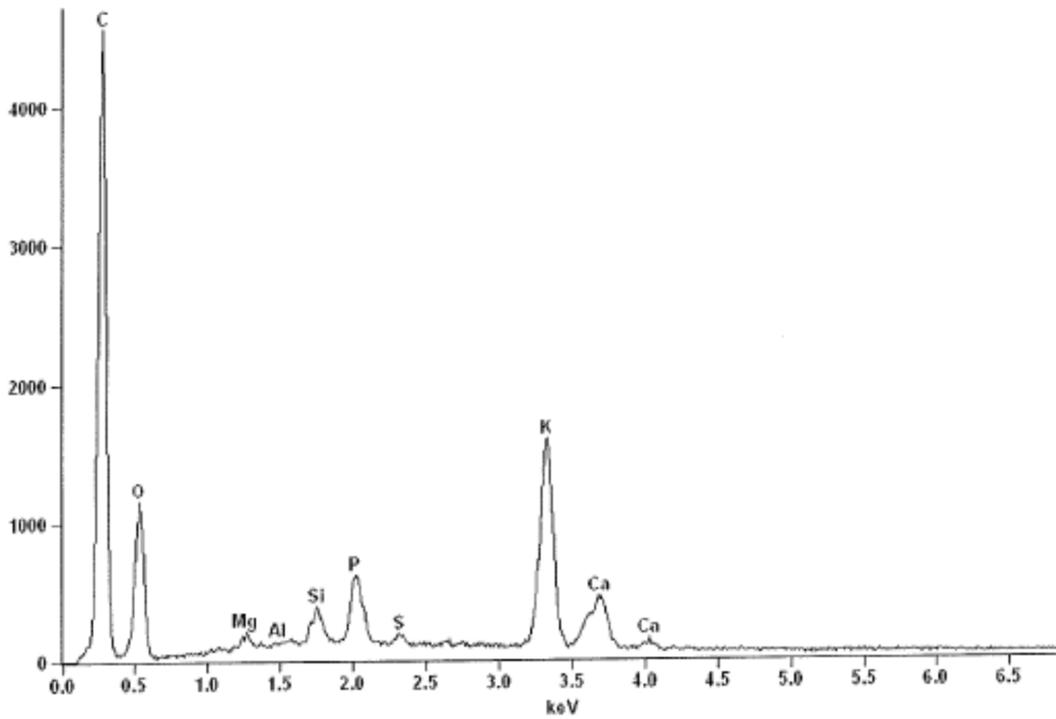
Acc. Voltage: 25.0 kV

Take Off Angle: 32.3 deg.

Nr.9 NE Probe 14 serie rue 2.5 g

Full scale counts: 4559

9 NE Probe 14



Live Time: 100.0 sec. Acc. Voltage: 25.0 kV Take Off Angle: 35.2 deg.