

pharmActuel

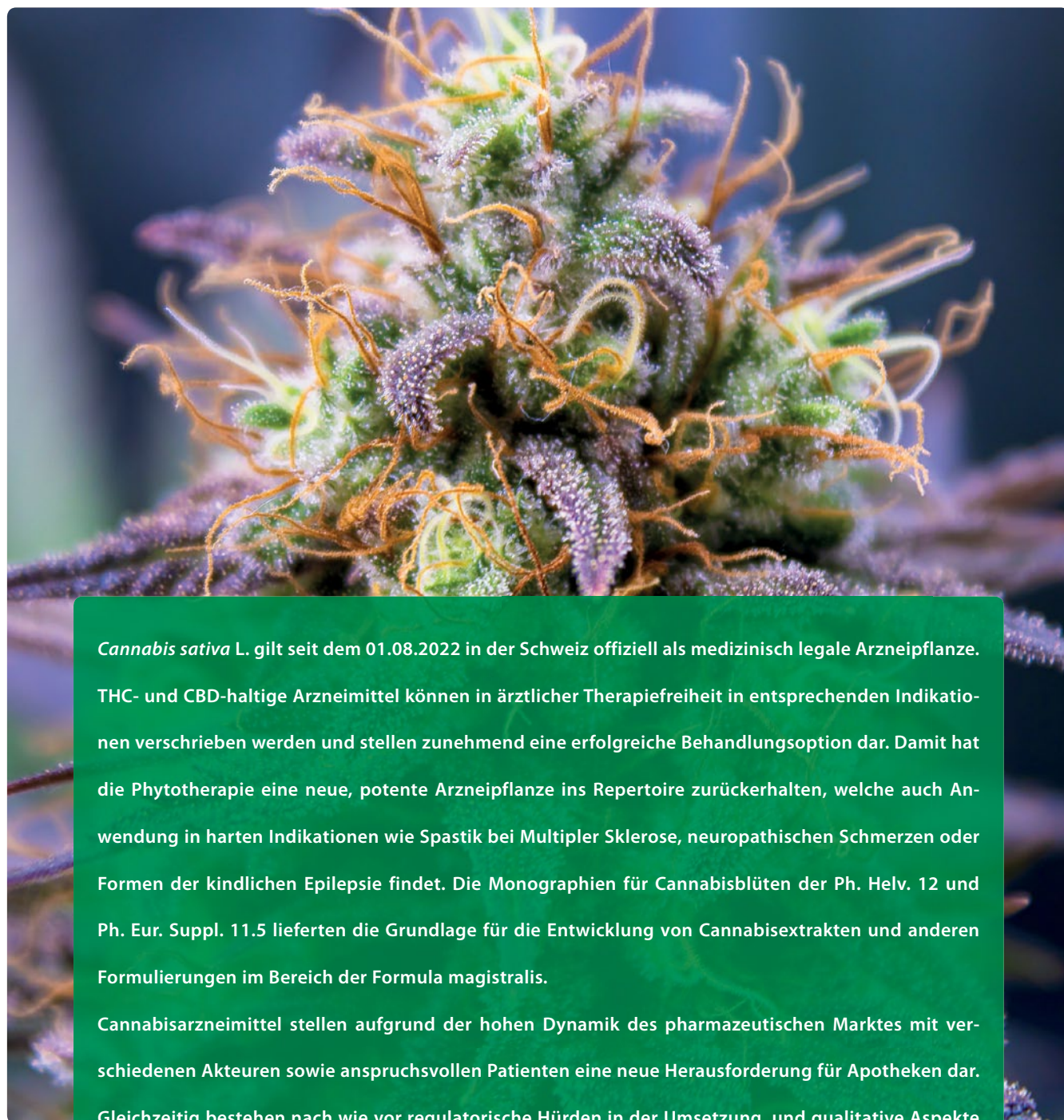
WISSENSCHAFTLICHES THEMENHEFT

2025
Nr. 01

Cannabis als Arzneipflanze
Endocannabinoid-System
Qualität von Cannabisarzneimitteln
Darreichungsformen und Applikationswege
Sicherheitsaspekte
Evidenzlage und Indikationsgebiete

CANNABINOID-BASIERTE ARZNEIMITTEL

Medizinisches Cannabis als
vielversprechende Therapieoption



Cannabis sativa L. gilt seit dem 01.08.2022 in der Schweiz offiziell als medizinisch legale Arzneipflanze. THC- und CBD-haltige Arzneimittel können in ärztlicher Therapiefreiheit in entsprechenden Indikationen verschrieben werden und stellen zunehmend eine erfolgreiche Behandlungsoption dar. Damit hat die Phytotherapie eine neue, potente Arzneipflanze ins Repertoire zurückerhalten, welche auch Anwendung in harten Indikationen wie Spastik bei Multipler Sklerose, neuropathischen Schmerzen oder Formen der kindlichen Epilepsie findet. Die Monographien für Cannabisblüten der Ph. Helv. 12 und Ph. Eur. Suppl. 11.5 lieferten die Grundlage für die Entwicklung von Cannabisextrakten und anderen Formulierungen im Bereich der Formula magistralis.

Cannabisarzneimittel stellen aufgrund der hohen Dynamik des pharmazeutischen Marktes mit verschiedenen Akteuren sowie anspruchsvollen Patienten eine neue Herausforderung für Apotheken dar. Gleichzeitig bestehen nach wie vor regulatorische Hürden in der Umsetzung, und qualitative Aspekte im Rohstoff-Bereich fordern Apotheker im analytischen Bereich heraus. Dieses Journal liefert Ihnen das nötige Wissen, um vorbereitet zu sein, wenn Sie ein Rezept für medizinisches Cannabis erhalten oder Ihre Apotheke entsprechend spezialisieren möchten.

Dr. sc. nat. Simon Nicolussi

1	Einleitung	5
1.1	Historischer Kontext	5
1.2	Rechtliche Situation in der Schweiz	5
1.3	Regulatorische Einteilung von Cannabinoid-haltigen Präparaten	6
2	Das Endocannabinoid-System	6
2.1	Aufbau und physiologische Funktion	6
2.2	Pharmakologische Modulation des ECS	7
2.2.1.	CB1- und CB2-Rezeptoren	7
2.2.2.	Endocannabinoid-abbauende Enzyme und Transportsysteme	8
2.3	Therapeutisches Potential des ECS	9
3	Cannabis als Arzneipflanze	10
3.1	<i>Cannabis sativa L.</i>	10
3.2	Das pharmakologische Potenzial von Cannabinoiden	11
3.2.1.	THC / Dronabinol	11
3.2.2.	CBD	11
3.3	Terpene und der Entourage-Effekt	12
4	Cannabispräparate: pharmazeutische Rohstoffe, Darreichungsformen, Dosierungen und Applikationswege	14
4.1	Cannabisblüten	14
4.2	Cannabisextrakte	16
4.3	Reinstoffe Dronabinol und CBD	19
4.4	Cannabinoid-haltige Öle und Tinkturen	19
4.5	Kapseln, Suppositorien und weitere Formulierungen	19
4.6	Zugelassene Arzneimittel	19
5	Anwendung von medizinischem Cannabis und Cannabinoiden	20
5.1	Chronische / neuropathische Schmerzen	20
5.2	Spastik aufgrund neurodegenerativer Erkrankungen	20
5.3	Epilepsie	21
5.4	Appetitstimulation, Übelkeit, Erbrechen	21
5.5	Altersbedingte Beschwerden: Demenz	22
5.6	Onkologische und palliative Anwendungsmöglichkeiten	23
5.7	Psychiatrische Erkrankungen	24
6	Risiken und Gefahren bei der Anwendung von medizinischem Cannabis	27
6.1	Kontraindikationen	27
6.2	Vulnerable Patientengruppen	27
6.2.1	Schwangere, Säuglinge, Kinder und Jugendliche	27
6.2.2	Patienten über 70 Jahre	27
6.2.3	Polymedizierte Patienten	27
6.3	Nebenwirkungen	28
6.4	Toxizität	29
6.5	Interaktionspotential	29
6.6	Suchtentwicklung	29



7	Verschreibung von medizinischem Cannabis	30
7.1	Möglichkeiten der Verschreibung	30
7.2	Dokumentation	30
7.3	Kostendeckung durch die Krankenkasse	31
8	Beratung von Cannabispatienten	31
8.1	Beratung und Pharmaceutical Care mit Cannabisarzneimitteln	32
8.2	Fahrfähigkeit unter dem Einfluss von Medizinalcannabis	33
8.3	Reisen ins Ausland	34
9	Zusammenfassung	35
10	Ausblick	35
11	Referenzen	36
12	Abkürzungen	41
13	Weiterführende Informationen	42
14	Lernkontrolle	43

Cannabinoid-basierte Arzneimittel

Dieses Heft ist ein Produkt der IFAK DATA AG und ist in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe pharmActual entstanden.

→ *Korrespondierender Autor:*
Dr. sc. nat. Nicolussi Simon, eidg. dipl. Apotheker, MSc Pharm Sci ETH, Stauffacher Apotheke Zürich / CSO Dascoli Pharma AG, Vorstandsmitglied SGCM-SSCM

→ *Autoren-Team:*
Dr. sc. nat. Nicolussi Simon, eidg. dipl. Apotheker, MSc Pharm Sci ETH, Stauffacher Apotheke Zürich / CSO Dascoli Pharma AG, Vorstandsmitglied SGCM-SSCM
Bea Goldman, MSc Nursing Sciences, APN Neuropalliation, Vorstandsmitglied SGCM-SSCM
Dr. Stefan Wolf, eidg. dipl. Apotheker, MSc Pharmazie, Stauffacher Apotheke Zürich / Betm vP Dascoli Pharma AG

→ *Fachreview:*
Prof. Dr. Jürg Gertsch, Institut für Biochemie und Molekularmedizin IBMM, Universität Bern

Dieses Heft entspricht dem Wissensstand vom November 2024. Alle Angaben wurden sorgfältig geprüft, erfolgen aber ohne Gewähr.

Zum besseren Verständnis des Textes wird vorwiegend eine Geschlechtsform verwendet. Es sind jedoch stets beide Geschlechter gemeint.



Bestandteil des pharmActual-Fortbildungsprogramms zu CHF 350.- exkl. MWST.
Erscheint 6-mal jährlich.
Akkreditiert für die Weiter- und Fortbildung in Offizinpharmazie und den Fähigkeitsausweis FPH Anamnese in der Grundversorgung (Rolle 1 Pharmazeutischer Experte).
Akkreditiert für die Fortbildung in Spitalpharmazie und den Fähigkeitsausweis FPH klinische Pharmazie.

1 Einleitung

Nach langer Zeit des Verbotes erkämpfte sich Cannabis den Weg in die Schulmedizin zurück. Dies wurde nicht zuletzt ermöglicht durch die lang angestrebte Änderung des Betäubungsmittelgesetzes (BetmG) in der Schweiz: Seit dem 1. August 2022 dürfen Apotheken medizinisches Cannabis und THC (Tetrahydrocannabinol) ohne Ausnahmegenehmigung gemäss ärztlicher Verschreibung abgeben. Der wissenschaftliche Erkenntnisstand entwickelt sich rasch weiter und das Angebot an pharmazeutischen Cannabispräparaten unterliegt einer sehr hohen Dynamik. Steigendes Interesse von medizinischen Fachpersonen, Patienten und seitens der Forschung verschafft dem zurückgekehrten Phytopharmakon Cannabis neue Priorität, und Cannabisarzneimittel halten Einzug in den Apothekenalltag. Diese pharmActuel Ausgabe soll Apothekerinnen und Apothekern helfen, Hintergründe zu verstehen und einen Überblick über eine pflanzliche Therapieoption mit vielversprechendem Potential zu gewinnen.

1.1 Historischer Kontext

Cannabis zählt zu den ältesten Kulturpflanzen der Menschheit (Abb. 1). Jüngste wissenschaftliche Erkenntnisse legen nahe, dass die frühesten Wurzeln der *Cannabis sativa* L. (sativa, d.h. angebaut, kultiviert) im Nordwesten Chinas liegen. Vor 12000 Jahren, in der frühen Jungsteinzeit, sollen Menschen in Ostasien die Pflanze bereits domestiziert haben. Berichte über die ersten medizinischen Verwendungen von Bestandteilen von Cannabis (Samen, weibliche Blüten, Harz) gehen über 5000 Jahre zurück [1].

Detaillierte historische Aufarbeitungen wurden anderweitig beschrieben mit Empfehlung zur Lektüre [2, 3]. Erwähnenswert dabei ist, dass historisch dokumentierte medizinische Anwendungen von Cannabis in Asien und im Nahen Osten sich heute als evidenzbasiert bewahrheiten. Dies gilt vor allem für THC/CBD(Cannabidiol)-haltige Präparate in der Verwendung als Analgetikum oder als Spasmolytikum. Ebenfalls soll hier die psychoaktive Wirkung von Cannabis erwähnt sein, welche für den rekreativen Gebrauch bis in die heutige Zeit verantwortlich ist [3]. Cannabis ist somit eine Kultur- und Arzneipflanze, welche aus der Volksmedizin den Einzug in die Schulmedizin gehalten hat und heute als evidenzbasiertes Phytopharmakon bei spezifischen Indikationen gilt [1, 4–6].

Abb. 1: *Cannabis sativa* L. – Hanf in seiner natürlichen Umgebung und Wuchsform während der Blütezeit im Spätsommer 2022 (Freidorf TG). Vorne: männliche, hinten weibliche Pflanzen (Varietät: «Schöne vom Albis» THC < 1 %, CBD > 2 %, BioSuisse)

Quelle: Simon Nicolussi



1.2 Rechtliche Situation in der Schweiz

Seit dem 1. August 2022 ist Cannabis zu medizinischen Zwecken legal und kann in jeder Apotheke wie jedes andere Betäubungsmittel gehandelt und abgegeben werden [7–9]. Cannabis für medizinische Zwecke wurde im Verzeichnis a der Betäubungsmittelverordnung (BetmVV) ergänzt, wobei eine untere Grenze des Gesamt-THC-Gehalts von mindestens 1,0% (m/m) definiert wurde [10].

Für die Abgabe eines Cannabisarzneimittels muss ein Betm-Rezept vorliegen, sofern die Wirkstoffkonzentration von $\geq 1\%$ THC (m/m) gegeben ist. Bei THC-Konzentrationen von $< 1\%$ (m/m) muss ebenfalls ein ärztliches Rezept vorliegen. Dies trifft beispielsweise für CBD-Öle aus Cannabisextrakten zu (Bsp. CBD-Öl 10%, mit 0,4% THC aus Cannabisextrakt) oder auch für THC-freie CBD-Formulierungen [11].

Cannabisarzneimittel sind dadurch wie andere medizinisch verwendete Betäubungs-

6 mittel (z.B. Morphin, Methadon, Kokain) den entsprechenden Kontrollmassnahmen der Swissmedic unterstellt. Eine Ausnahmegewilligung für deren Verwendung ist nicht mehr erforderlich. In der Konsequenz liegt damit die Behandlung mit Cannabisarzneimitteln vollständig in der Verantwortung der Ärzte. Es gilt der Grundsatz für Verschreibung, Abgabe und Anwendung unter Wahrung der ärztlichen Sorgfaltspflicht nach Art. 26 HMG [7]. Bisher sind in der Schweiz erst Sativex® als Myotonolytikum mit Abgabekategorie A+ (seit 22.11.2013) und Epidyolex® als Antiepileptikum mit Abgabekategorie A (seit 10.02.2021) zugelassen (siehe Kapitel 4.6).

1.3 Regulatorische Einteilung von Cannabinoid-haltigen Präparaten

Seit dem ersten Erscheinen von CBD-Blüten (THC < 1%) als Tabakersatz auf dem Schweizer Markt im August 2016 herrschte ein regelrechter Wildwuchs von Cannabisprodukten wie CBD-Ölen, -Extrakten, -Kapseln, -Kaugummis, -Pastillen oder -Formulierungen zur lokalen Anwendung. Dieser Zustand hat zu viel Verwirrung geführt und vielfach auch Apotheken in ihrer Mitverantwortung zur

korrekten Abgabe von regulatorisch unterschiedlich eingestuften Präparaten verunsichert.

Der Gesetzgeber und die zuständigen Behörden haben mittlerweile eingegriffen und detailliert definiert, welche Präparate verkehrsfähig sind und welche Anforderungen zu erfüllen sind. Verkehrsfähig ist dabei längst nicht alles, was sich auch dem Markt befindet. Relevant sind die regulatorische Einstufung der Produkte (Rohstoff, verwendungsfertiges Produkt, Arzneimittel, Medizinprodukt, Lebensmittel, Kosmetikum, Gebrauchsgegenstand, Chemikalie etc.) und der Verwendungszweck. So wurden beispielsweise CBD-Öle, welche zur Einnahme angepriesen wurden, unter dem Chemikalienrecht in Verkehr gebracht. Solche Produkte erfüllen jedoch lediglich Sicherheitsanforderungen auf dem Niveau von beispielsweise WC-Reinigern. Einen Überblick zu den Anforderungen liefert die Referenz «Produkte mit Cannabidiol (CBD) und anderen Cannabinoiden, die nicht dem Betäubungsmittelrecht unterliegen» [12].

Sollten pharmakologische Wirkungen erwünscht sein, so müssen CBD und Can-

nabinoid-haltige Präparate verwendet werden, die als Arzneimittel deklariert sind, insbesondere zur oralen Einnahme. Dies klingt intuitiv, aber es gibt nach wie vor diverse Anbieter, welche CBD-Öle als Kosmetika (z.B. Mundöl) vertreiben, welche ausreichend hohe CBD-Konzentrationen (sowie anteilmässig auch THC) aufweisen, um eine medizinische Wirkung zu erzielen. Entsprechend muss auch die Zweckbestimmung erfüllt sein, was häufig seitens fraglicher Produzenten – vermutlich bewusst – nicht beachtet wird.

«Nicht alles, was sich auf dem Markt befindet, ist verkehrsfähig. Entscheidend sind die regulatorische Einstufung und der Verwendungszweck.»

Mündlich kommunizierte Heilansprüche dürfen dabei nicht den schriftlichen Deklarationen widersprechen (z. B. Einnahme eines als Kosmetikum in Verkehr gebrachten CBD-Mundöls bei Schlafstörungen, welches unter Schein-Zweckbestimmung vertrieben wird und nicht zur Einnahme bestimmt wäre). Bei solchen Produkten ist die Missbrauchsgefahr beträchtlich [12]. Möchte man in der Apotheke auf Nummer sicher gehen, so können Cannabinoid-haltige Rohstoffe von Anbietern mit Swissmedic-Bewilligung bestellt und zu Formula-Arzneimitteln verarbeitet werden (siehe Kapitel 4).

2 Das Endocannabinoid-System

Menschen und Säugetiere besitzen ein eigenes Endocannabinoid-System (ECS). Das ECS ist ein sehr komplexes System und beeinflusst eine Vielzahl von physiologischen Prozessen. Es produziert endogene Liganden, die Endocannabinoide, und reagiert auf exogene Cannabinoide, die sogenannten Phytocannabinoide. Die Erforschung des ECS in seiner Komplexität und Interaktion mit anderen endogenen, physiologischen Systemen ist seit den 1990er Jahren im Gange und liefert fortlaufend neue Erkenntnisse. Im Folgenden werden die für die Hauptindikationen von Cannabisarzneimitteln relevanten biochemischen Signalwege genauer beschrieben.

2.1 Aufbau und physiologische Funktion

Das ECS besteht aus einem Netzwerk aus Rezeptoren, Liganden, Enzymen und Trans-

portsystemen (Abb. 2). Die Cannabinoid-Rezeptoren (CB1, CB2) werden durch Endocannabinoide aktiviert. Endocannabinoide aktivieren aber auch Nicht-CB-Rezeptoren wie den «Schärfe-/Hitze-Rezeptor» Transient Receptor Potential Vanilloid 1 (TRPV1). Durch die Interaktion dieser Komponenten entstehen komplexe Signaltransduktionswege, welche die Zellsteuerung beeinflussen und eine Vielzahl physiologischer Effekte hervorrufen.

So reguliert das ECS die Schmerzempfindung, Stimmung, Wahrnehmung, Gedächtnisbildung, Appetit, Muskeltonus oder das Immunsystem und spielt eine Schlüsselrolle in der Erhaltung des Gleichgewichts im Körper (Homöostase). Das ECS ist vermutlich aus den Bedürfnissen früher Lebensformen entstanden, um das Gleichgewicht zu bewahren, und ist deshalb ein übergeordnetes regula-

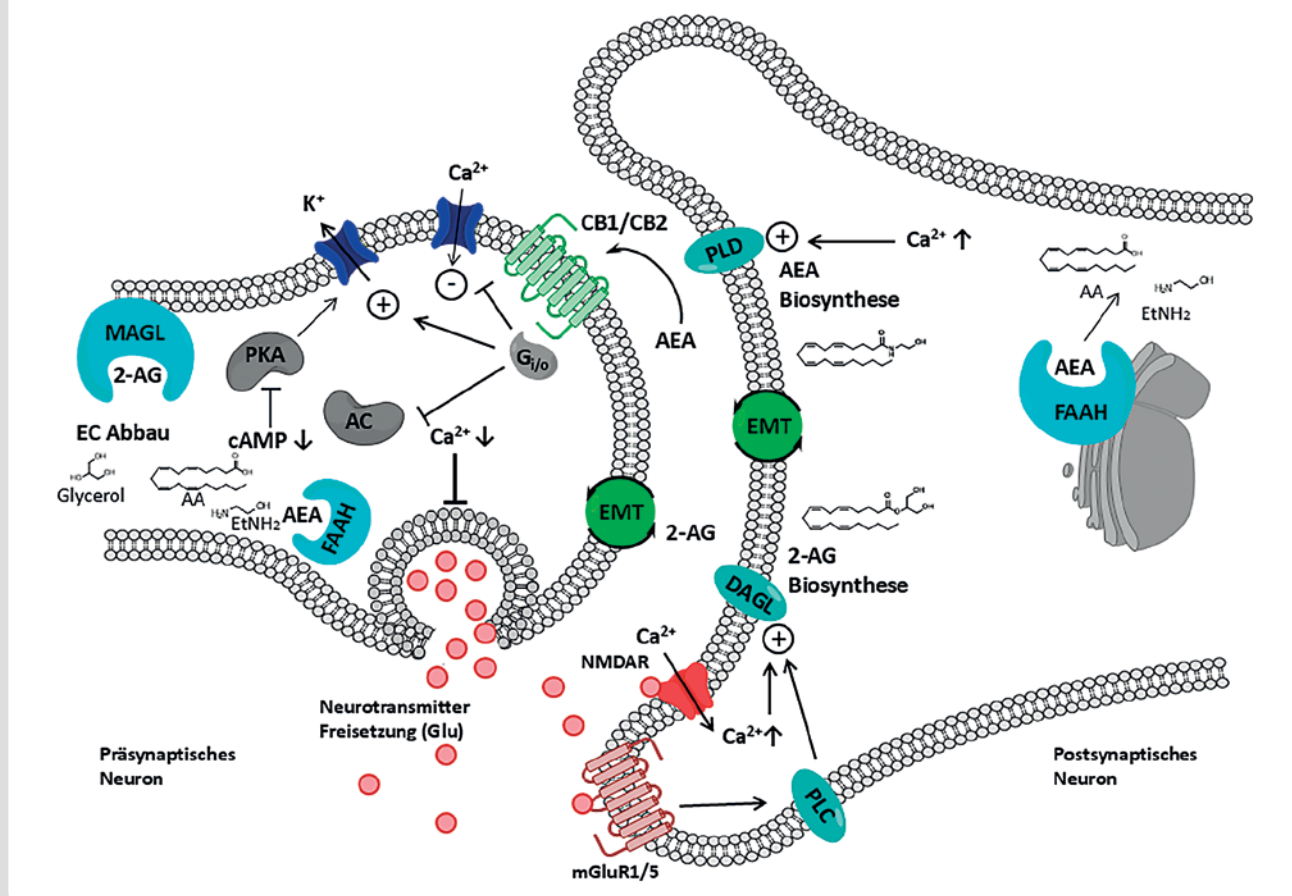
torisches Signalsystem mit weitgreifenden physiologischen Auswirkungen. Als fundamentales biologisches System, das sich über Millionen von Jahren entwickelt hat, spielt es heute eine zentrale Rolle in der Physiologie von Säugetieren und Menschen. Bei pathologischen Zuständen wie chronischer Entzündung oder Stress verändern sich sowohl die Spiegel der Endocannabinoide als auch die Expression der Zielstrukturen in allen Geweben. Die grössten Veränderungen werden dabei im Gehirn festgestellt. Die Wirkung der Endocannabinoide reichen

«Sowohl bei Säugetieren als auch beim Menschen gehört das Endocannabinoid-System zu den fundamentalen biologischen Systemen.»

von schützenden endogenen Funktionen wie Neuroprotektion, Modulation des Immunsystems und Erhalt der Homöostase bis hin zu dysregulierenden, pathophysiologischen Signalen, welche an der Entstehung von psychischen Erkrankungen (z.B. Schizophrenie) beteiligt sein können [13–15].

Abb. 2: Vereinfachte, exemplarische Darstellung des ECS an der Synapse

Quelle: Simon Nicolussi, adaptiert aus [18]



Die Endocannabinoide Anandamid (AEA) und 2-Arachidonylglycerol (2-AG) werden in der postsynaptischen Membran durch die Lipasen PLD und DAGL gebildet und in den synaptischen Spalt transportiert. Dies nach Einstrom von Calciumionen (Ca^{2+}) am NMDA-Rezeptor in das postsynaptische Neuron (unten) aufgrund präsynaptischer Erregung und Freisetzung des Neurotransmitters Glutamat (Glu). AEA und 2-AG binden folglich an präsynaptisch exprimierte CB1-Rezeptoren und inhibieren über mehrere Zwischenschritte die Freisetzung des Neurotransmitters (z.B. Glu) in den synaptischen Spalt. Abgebaut werden die beiden Endocannabinoide über die Fettsäureamidhydrolase (FAAH) bzw. die Monoacylglycerol-Lipase (MAGL).

Weitere Abkürzungen: AA, Arachidonic Acid; AC, Adenylatcyclase; cAMP, cyclisches Adenosinmonophosphat; CB1, Cannabinoid-Rezeptoren Typ 1; CB2, Cannabinoid-Rezeptoren Typ 2; DAGL, Diacylglycerol-Lipase; EC, Endocannabinoid; EMT, Endocannabinoid Membran Transporter; EtNH₂, Ethylamin; Gi/o, inhibitorisches/anderweitig modulierendes G-Protein; mGluR1/5, metabotroper Glutamatrezeptor Typ 1/Typ 5; NMDAR, N-Methyl-D-Aspartat-Rezeptor; PLC/PLD, Phospholipase C/D; PKA, Proteinkinase A [18]

Für therapeutische Interventionen, insbesondere bei chronischen Erkrankungen wie Schmerzsyndromen, Epilepsie und Angststörungen, bildet das ECS ein interessantes pharmakologisches Target [13, 16, 17].

2.2 Pharmakologische Modulation des ECS

Die pharmakologische Modulation des ECS ist ein vielversprechender Ansatz für die Behandlung verschiedener Krankheiten, einschließlich Schmerzsyndromen, neurologi-

scher Störungen und Entzündungen. Die Modulation kann auf verschiedene Weisen erfolgen, darunter durch die Beeinflussung von Rezeptoraktivitäten, die Hemmung des Abbaus von Endocannabinoiden und die Modulation von Endocannabinoid-Transportern [19].

2.2.1 CB1- und CB2-Rezeptoren

Die primären Targets innerhalb des ECS sind die Cannabinoid-Rezeptoren CB1 und CB2. CB1-Rezeptoren sind überwiegend im Zen-

tralnervensystem (ZNS) lokalisiert und regulieren die Freisetzung von Neurotransmittern, während CB2-Rezeptoren hauptsächlich auf Immunzellen und in peripheren Geweben vorkommen und an Entzündungsprozessen beteiligt sind. Endogen werden CB1- und CB2-Rezeptoren von den Endocannabinoiden Arachidonylethanolamid (Anandamid, AEA) und 2-Arachidonylglycerol (2-AG) aktiviert. Die Endocannabinoide werden lokal von Enzymen (Lipasen, Hydroxylasen) in der Plasmamembran gebildet und wieder abgebaut. Die Synthese und der Abbau der Endocannabinoide werden über in-

8 trazelluläre und transmembranäre Transportsysteme gesteuert (Abb. 2)[13, 14].

Der CB1-Rezeptor ist der wichtigste Rezeptor des neuronalen ECS. Er vermittelt auch die psychotropen Effekte von Endo- und Exocannabinoiden. Im menschlichen

Gehirn ist er der am häufigsten exprimierte G-Protein-gekoppelte Rezeptor (GPCR)[20].

Die Aktivierung hemmt die neuronale Erregbarkeit durch CB1-vermittelte Öffnung hyperpolarisierender Kaliumkanäle oder durch Schliessen exzitatorischer Calciumka-

näle. Damit erfüllt der CB1-Rezeptor eine retrograde Brems- oder Filterfunktion. Anders als bei der anterograden Signaltransduktion hemmt oder moduliert CB1 somit die Synthese und/oder Freisetzung von [21]:

- biogenen Aminen wie Serotonin, Dopamin und Noradrenalin
- Transmittern wie Acetylcholin, GABA oder Glutamat
- Neuropeptiden

CB1 wird jedoch nicht ausschliesslich präsynaptisch exprimiert. Aufgrund seiner postsynaptischen Expression kann CB1 seine eigene Hemmung (autogene Hemmung) bewirken. Neben seiner Membranlokalisation findet man CB1 auch intrazellulär und sogar in Mitochondrien. Zudem wurde auch eine Aktivierung von G-Proteinen beschrieben.

Eine weitere Folge der CB1-Aktivierung ist die Hemmung intrazellulärer Stoffwechselprozesse wie der Aktivität des allgegenwärtigen Second Messengers Adenylatcyclase oder des Signalwegs über die Mitogen-aktivierte Proteinkinase (MAPK).

Pharmakologische (partielle) Agonisten wie THC aktivieren CB1- und CB2-Rezeptoren und entfalten eine Reihe von Effekten, darunter Analgesie und Entspannung [13]. Auf der anderen Seite können CB1-Antagonisten wie Rimonabant die Aktivierung dieser Rezeptoren blockieren, was beispielsweise zu einer Verringerung des Appetits führen kann [22].

2.2.2 Endocannabinoid-abbauende Enzyme und Transportsysteme

Endocannabinoide sind kurzlebige Agonisten an Cannabinoid-Rezeptoren und anderen molekularen Targets, welche durch Hydrolasen rasch innert Sekunden bis Minuten nach Ausschüttung wieder abgebaut werden. Im Vergleich dazu besitzen Phytocannabinoide aus Cannabis eine deutlich längere Halbwertszeit von mehreren Stunden und wirken durch ihre aktiven Metaboliten noch tagelang nach [23].

Die hauptverantwortlichen Enzyme für den Abbau von Endocannabinoiden sind die Fettsäureamid-Hydrolase (FAAH) für AEA und die Monoacylglycerol Lipase (MAGL) für 2-AG [13]. FAAH- und MAGL-Inhibitoren (Monoacylglycerol Lipase) verhindern den Abbau der Endocannabinoide, was deren Wirkungsdauer verlängert. Solche Inhibitoren fungieren als indirekte Agonisten und sind Bestandteil aktueller klinischer Forschung wie beispielsweise in der Indikation der sozialen Angststörung [24]. Die Hemmung der FAAH kann ebenfalls zur Schmerzlinderung beitragen, was auch für

Abb. 3: Jo Cameron besitzt eine sehr seltene genetische Mutation auf dem FAAH-Gen, wodurch ihr AEA-Spiegel erhöht bleibt und sie schmerz- und angstfrei macht.

Quelle: Peter Jolly/Shutterstock



Die Frau, die keinen Schmerz fühlt

Im Jahr 2019 wurde der Fall von Jo Cameron (Abb. 3) beschrieben: Die damals 66-jährige Lehrerin aus Schottland hatte eine Loss-of-Function-Mutation im FAAH-Gen [27]. Aufgefallen war diese erst, als die Frau nach einer schweren Operation an der Hand keinerlei Schmerzmittel benötigte. Die Mutation führt zu einer höheren Konzentration von Endocannabinoiden der Gruppe der Ethanolamide (v.a. AEA), die normalerweise von FAAH abgebaut werden. Jo Cameron wurde zum Symbol für Glückseligkeit (vgl. die Namensgebung des Endocannabinoids Anandamid ist aus dem Sanskrit आनन्द, ānanda, vollkommene und höchste Glückseligkeit abgeleitet):

- Zeitlebens hatte sie praktisch keine Schmerzen. Verletzungen blieben schmerzfrei, und die Wunden verheilten rascher und ohne Vernarbungen.
- Sie fühlt sich nie ängstlich, gerät nie in Panik und litt nie an Depressionen.
- Sie ist aufgestellt, gesprächig, optimistisch und glücklich.

Vorliegend ist der ausgeprägte Anstieg von AEA in neurobiologischer und klinischer Hinsicht entscheidend [28]. Dieser Fall ist ein schönes Beispiel für den charakteristischen Phänotyp, welcher ein positives Gleichgewicht erreicht hat und frei von Angst und Schmerz ist. Ein entsprechend ähnlicher Zustand könnte durch die Wirkung von optimal dosierten Phytocannabinoiden wie THC erreicht werden [29].