

4 | 2013



ENERGIE-  
SPEICHERUNG  
Konversionsmaterialien

KARMINSÄURE  
Das Rot der  
Conchenillelaus

TABAK  
Lust und Last  
mit Nikotin



# CHEMIE



IN UNSERER ZEIT



Ein Chemiker  
als Serienheld:



WILEY-VCH



Dr. Doris Fischer-Henningsen  
ist Chefredakteurin von  
„Chemie in unserer Zeit“.

## Kennen Sie Breaking Bad?

Mit dieser Frage überraschte mich eines Tages Tunga Salthammer vom Fraunhofer WKI Braunschweig am Telefon. „Breaking Bad“ kannte ich nicht, und deshalb verstand ich auch erst „Breaking Bed“, konnte das zerbrechende Bett aber mit Chemie beim besten Willen nicht in Zusammenhang bringen. Die Sache klärte sich schnell auf und ich stand vor der Entscheidung, einem Aufsatz über eine amerikanische Fernsehserie zuzustimmen (oder ihn abzulehnen), deren Protagonist ein in das Drogengeschäft eingestiegener Chemiker ist.

Nun gibt es in der Chemie einige Themen, bei denen man sehr genau abwägen muss, ob und was man dazu publiziert. Spontan fallen jedem Chemiker wahrscheinlich Sprengstoffe, Kampfstoffe und Drogen ein. Sollte die ChiuZ also wirklich über diese Serie und damit über N-Methylamphetamin berichten, in der Öffentlichkeit besser bekannt als Crystal Meth? Ganz offensichtlich haben wir uns entschieden, die Frage mit „Ja“ zu beantworten. Warum? Hier möchte ich Professor Stefan Berger zitieren, der kürzlich seinen Artikel über das Kokain gerechtfertigt hat: „Verschweigen macht die Dinge nicht besser, nur die Auseinandersetzung mit ihnen.“ [1]

Laut EU-Drogenbericht von 2012 wurden 2010 weltweit 45 Tonnen N-Methylamphetamin (Crystal Meth) sichergestellt, was gegenüber 31 Tonnen 2009 ein deutlicher Anstieg ist. Ein Schwerpunkt liegt eindeutig in Nordamerika mit gut 15 Tonnen, wobei auf Mexiko als wichtigstem Herstellungsland allein 13 Tonnen entfallen [2]. Dieses Umfeld

beleuchtet die amerikanische Fernsehserie „Breaking Bad“. Sie hat chemisch jedoch weit mehr zu bieten als Crystal Meth, denn für den Helden der Serie wird die pragmatische Anwendung seiner naturwissenschaftlichen Kenntnisse bald überlebenswichtig – dazu erfahren Sie mehr im Aufsatz ab Seite 214.

In Europa war die Herstellung von N-Methylamphetamin bisher vor allem auf die Tschechische Republik beschränkt, von wo aus die Droge aber auch nach Deutschland schwappt, denn in Sachsen und Bayern wird der größte Anteil der in Deutschland beschlagnahmten Menge sichergestellt. Gleichzeitig berichten etwa Suchtberatungsstellen sächsischer Städte, dass der Beratungsbedarf zu Crystal Meth deutlich gestiegen sei. Dies deckt sich mit der Zahl der polizeilich erstaufrälligen Konsumenten harter Drogen, die wie schon im Vorjahr so auch von 2010 auf 2011 deutliche Anstiege bei kristallinem Methamphetamine (+163,7 %) verzeichnete [3].

Crystal Meth stimuliert das zentrale Nervensystem, Hunger und das Schlafbedürfnis werden unterdrückt. Es kommt so zu einer körperlichen Leistungssteigerung gepaart mit Gefühlen erhöhter Zuversicht. Gleichzeitig besteht aber ein hohes Abhängigkeitspotential beim Konsum von Crystal Meth, und die chronische Anwendung führt zu einem erschreckenden und schnellen körperlichen Verfall und zu psychischen Veränderungen [4, 5]. Genügend Gründe, sich mit Crystal Meth auseinanderzusetzen.

### DORIS FISCHER-HENNINGSEN

Wie kommt die ChiuZ eigentlich zu Ihren Themen? Diese Frage wird mir oft gestellt. Eine einfache Antwort darauf gibt es nicht, denn die Möglichkeiten sind vielschichtig. Exemplarisch möchte ich daher an dieser Stelle in loser Reihe die Entstehung einiger Aufsätze vorstellen – und um wissenswerte Hintergrundinformationen ergänzen.

Besuchen Sie ChiuZ auf Facebook: [www.facebook.com/ChemieInUnsererZeit](http://www.facebook.com/ChemieInUnsererZeit)

- [1] Stefan Berger, Editorial *Chem. Unserer Zeit* **2013**, 47, 71
- [2] EU-Drogenbericht 2012, <http://www.emcdda.europa.eu/publications/annual-report/2012>
- [3] Drogen- und Suchtbericht der Drogenbeauftragten der Bundesregierung, [http://www.drogenbeauftragte.de/fileadmin/dateien-dba/Presse/Downloads/12-05-22\\_DrogensuchtBericht\\_2012.pdf](http://www.drogenbeauftragte.de/fileadmin/dateien-dba/Presse/Downloads/12-05-22_DrogensuchtBericht_2012.pdf)
- [4] <http://www.drugcom.de/>, ein Projekt der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
- [5] <http://www.emcdda.europa.eu/>, Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht





## Ein Chemiker als Serienprotagonist

# Die Chemie bei

FALK HARNISCH | TUNGA SALTHAMMER

*Ein Wohnmobil durchbricht die Stille der Wüste New Mexicos. Sein nur mit Feinrippunterhose und Gasmasken bekleideter, leicht untersetzter Fahrer lenkt es krachend in eine Böschung. Die Tür wird aufgestoßen, der Fahrer stürzt heraus und reißt sich fluchend die Gasmasken vom Gesicht: Walter H. White, 50 Jahre alt, Brillenträger und hoch begabter Wissenschaftler, aber als zunehmend desillusionierter Chemielehrer an einer Highschool in Albuquerque tätig. Zusätzlich muss Walter in einer Autowaschanlage jobben, um seiner Familie ein Auskommen zu sichern. Walter H. White: Held oder Antiheld? Handelnder oder Getriebener? Chemiker! Willkommen bei Breaking Bad.*

**W**alter H. White ist Protagonist der vielfach ausgezeichneten amerikanischen Fernsehserie *Breaking Bad*, welche auf insgesamt fünf Staffeln ausgelegt und vor allem bei jüngeren Publikum populär ist.

Zu Beginn der Serie wird bei ihm Lungenkrebs diagnostiziert und im Angesicht seines scheinbar unmittelbar bevorstehenden Ablebens sucht er nach Möglichkeiten, seine hochschwängere Frau Skyler und seinen behinderten Sohn

Walter Jr. finanziell abzusichern. Als er erfährt, welche Umsätze im Drogengeschäft machbar sind, begleitet er seinen bei der Drogenfahndung (Drug Enforcement Administration – DEA) tätigen Schwager Hank Schrader bei einer Razzia. In einem der Flüchtenden erkennt er seinen ehemaligen Schüler Jesse Pinkman (Abbildung 2).

Mit einer Mischung aus kühler Berechnung und purer Verzweiflung beschließt Walter, in das Drogengeschäft einzusteigen und Crystal Meth (N-Methylamphetamin) in hoher Qualität zu synthetisieren. Für die notwendigen Kontakte und den Vertrieb des Meth zwingt Walter Jesse, unter Erwähnung seiner Verbindungen zur DEA, zu einer Partnerschaft. Dieser nicht ganz freiwillige, jedoch scheinbar logische Zusammenschluss von wissenschaftlicher Expertise und Kenntnis des Absatzmarktes erlebt im Verlauf der Serie seine Höhen und Tiefen, wie sie sicherlich in vielen Start-ups zu finden sind [1].

Um ökonomische Betrachtungen, bildungsbürgerlich-belehrende Abhandlungen oder um den Einfluss des neuen Betätigungsfeldes auf Walters Persönlichkeit sowie die verheerenden Auswirkungen des Drogenkonsums [2] soll es im Folgenden aber nur am Rande gehen. Im Mittelpunkt steht die Chemie von *Breaking Bad* sowie deren Darstellung und Plausibilität.

### Crystal Meth – der „chemische Hauptdarsteller“

N-Methylamphetamin ((S)-N-Methyl-1-phenylpropan-2-amin), auch Meth, Crystal oder Pervetin genannt, ist der Stoff, um den sich in *Breaking Bad* alles dreht. In der wissenschaftlichen Fachliteratur sind zahlreiche Synthesewege bekannt [3], welche auch in unterschiedlichem Maße in grauer Li-



**Abb. 1** Gestatten: Walter H. White – Chemiker (© 2008 Sony Pictures Television Inc. All Rights Reserved).

teratur sowie in Blogs Erwähnung finden. Die Autoren haben keine praktischen Erfahrungen bezüglich der Synthese von Crystal Meth vorzuweisen und müssen sich deshalb auf die einschlägigen Quellen verlassen.

Im Verlauf der Handlung werden zwei verschiedene Synthesewege beschrieben (Infokasten 1). Anfänglich folgt Walter der Synthese aus Pseudoephedrin, welche in *Breaking Bad* wie in der Realität auch von den zahlreichen Meth-Köchen angewendet wird. Walter kann hier allerdings mit Hilfe seines chemischen Sachverständes, seiner experimentellen Fähigkeiten und einer zumindest semi-professionellen Laborausstattung deutlich bessere Ergebnisse erzielen. Der Ausgangsstoff Pseudoephedrin, ein Phenylethylamin-Alkaloid auf pflanzlicher Basis, findet kommerziell Verwendung in Erkältungsmitteln, aus welchen es durch Extraktion gewonnen werden kann. Aufgrund der nur begrenzten und auch in Deutschland stark regulierten Abgabe ist allerdings ein aufwändiges Versorgungsnetz, in der Regel unter Einbeziehung von zahlreichen Drogenabhängigen, notwendig, um eine ausreichende Versorgung zu gewähr-



**Abb. 2** Walter H. White (Bryan Cranston, vorn) und Jesse Pinkman (Aaron Paul). Ein ebenso widersprüchliches wie erfolgreiches Duo (© 2008 Sony Pictures Television Inc. All Rights Reserved).

leisten. Da die Drogenabhängigen durch dieses „Smurfing“ (deutsch: „Schlumpfen“) aber jeweils nur Kleinstmengen über Rezepte oder Diebstahl besorgen können, ist die Verfügbarkeit des Ausgangsstoffes stets ein kritischer Faktor.

Deshalb entwickelt Walter eine Syntheseroute auf Basis von Methylamin, Essigsäure und Phenylethylamin, deren Beschaffung jedoch neue Herausforderungen mit sich bringt (siehe unten). Allerdings ist bei einigen Bestandteilen der neuen Synthese, z.B. dem Thoriumoxidkatalysator, relativ unklar, aus welchen Quellen Jesse diese bezieht ... aus der Apotheke nebenan wohl kaum. Wie aus den in Infokasten 1 dargestellten Synthesewegen und Überlegungen zur Stereochemie hervorgeht, ist dieser alternative Syntheseweg sehr wahrscheinlich mit der Produktion des weniger rauschhaften Racemats verbunden. Leider ist

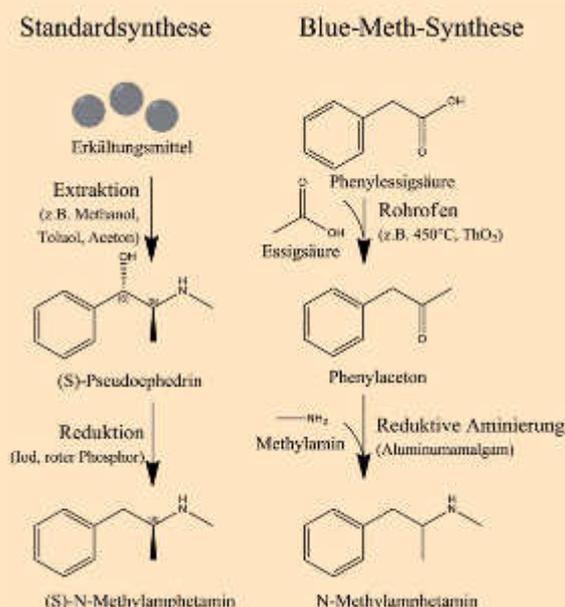
damit auch die in der Serie mehrfach thematisierte besondere Wirkung dieses Produktes nicht vollkommen nachvollziehbar. Da das (S)-N-Methylamphetamin pharmakologisch deutlich wirksamer ist als das (R)-Isomer [2], sollte vielmehr von einer geringeren Wirkung des Racemats aus-

## 1: SYNTHESE VON N-METHYLLAMPHETAMIN

In Abbildung 5 sind die Synthesewege für Meth, wie sie in *Breaking Bad* mutmaßlich beschrieben werden, dargestellt. In der ursprünglich verwendeten Variante wird das (S)-Pseudoephedrin aus Erkältungsmitteln extrahiert. Dabei kommen in verschiedenen Stufen unterschiedliche organische Lösungsmittel zum Einsatz. Entscheidend ist jedoch, dass dabei das reine Isomer (S)-Pseudoephedrin, das Diastereomer des (R)-Ephedrins, gewonnen wird. Dieses wird durch Reduktion, z.B. „klassisch“ wie in *Breaking Bad* gezeigt mit Iod und rotem Phosphor, zum (S)-N-Methylmethamphetamin umgesetzt.

Eine mögliche Alternative basiert auf Phenylethylamin und Essigsäure (bzw. Essigsäureanhydrid) und führt bei Reduktion mit geträgertem Thoriumoxid (aus Thoriumnitrat) als Katalysator im Rohofen zunächst zu Phenylacetone [11]. Dieser vermutlich von Jesse und Walter angewendete Syntheseweg ist jedoch nicht nur aufgrund des radioaktiven Thoriumpräparats sehr anspruchsvoll. Anschließend erfolgt die Umsetzung des Phenylacetons mit Methylamin und nachfolgende Reduktion des entstehenden N-Methylamins. Diese beiden Schritte können getrennt nacheinander oder in einem Reaktionsgefäß erfolgen. Als Katalysator für die Reduktion kann dabei, wie von Walter und Jesse diskutiert, Quecksilberaluminiumamalgam zum Einsatz kommen. In Folge (IV-1) ist aber nur zu sehen, wie dem Reaktor Aluminiumgranulat zugeführt wird. Alternativ wären auch Natriumamalgam oder Lithiumaluminiumhydrid mögliche Katalysatoren [3].

Da die Reaktion nicht stereospezifisch ist, wird auf diesem Weg das Racemat (S)/(R)-N-Methylmethamphetamin erhalten. (Anmerkung: dieser Syntheseschritt könnte auch stereospezifisch unter Zuhilfenahme von stereoselektiven Katalysatoren durchgeführt werden oder alternativ könnte eine stereospezifische Separation des Produktes vor oder nach der Kristallisation erfolgen. Jedoch wird keiner dieser Wege in *Breaking Bad* auch nur angedeutet). Das erhaltene Produkt wird anschließend durch alkalische Wasserdampfdestillation von etwaig verbleibenden Ausgangsstoffen sowie Nebenprodukten getrennt. Dabei entstehen die typischen Dampfwolken, welche im Verlauf der Serie oft zu sehen sind. Zum Schluss muss das bei der Destillation erhaltene Öl noch aus einem organischen Lösungsmittel (z.B. Toluol) kristallisiert werden. Also alles ganz einfach – gar zu einfach?



**Abb. 5** Die in *Breaking Bad* mutmaßlich verwendeten Synthesewege [3]. In der Blue-Meth-Synthese (rechts) ist die Zwischenstufe des zunächst aus Phenylacetone und Methylamin gebildeten N-Methylamins nicht gezeigt.



**Abb. 3** Gus Fring (links), Mike Ehrmantraut (hinten), Jesse (Mitte) und Mitglieder des mexikanischen Drogenkartells begutachten das von Jesse produzierte Blue Meth (© 2008 Sony Pictures Television Inc. All Rights Reserved).

gegangen werden. Allerdings sind die Akteure – oder zumindest die entsprechenden Köpfe hinter *Breaking Bad* – sich dieser Diskrepanz bewusst. So versucht Walter sich in höchster Bedrängnis durch die Demonstration seiner Chemikerkennnisse und damit verbundene Unentbehrlichkeit in Form einer rhetorischen Frage zu retten: „Wenn die Reduktion nicht stereospezifisch ist, wie kann das Produkt dann enantiomerenrein sein?“ (Folge IV-1).

Eine weitere charakteristische Besonderheit von Walters Produkt ist seine blaue Farbe, weshalb es auch als „Blue Meth“ bezeichnet wird (Abbildung 3). Der Ursprung dieser

blauen Farbe bleibt jedoch im Dunkeln und ist vermutlich einer dramaturgischen Notwendigkeit zuzuschreiben. Es lässt sich nur spekulieren, dass charakteristische Unreinheiten, z.B. die der Ausgangsstoffe oder Nebenprodukte der Synthese, eine solche Blaufärbung hervorrufen könnten. Es wurde bereits gezeigt, dass eine solche Handschrift von unterschiedlichen Syntheserouten oder Produzenten durchaus analytisch nachweisbar sein kann [3].

Allgemein bewegen sich Angaben zur Reinheit des Crystal Meth in der gesamten Serie auf zumeist sehr phänomenologischem Niveau (Folge I-1) oder es wird nur ein faktisches analytisches Ergebnis (Folge I-4) mitgeteilt. Die analytischen Methoden bleiben bis auf einige vage Ausnahmen außen vor, beispielsweise kommt in einem mexikanischen Drogenlabor ohne weitere Erläuterung ein Gaschromatograph zum Einsatz (Folge IV-10). In *Breaking Bad* wird damit die Chemie eindeutig als produzierende und nicht als analysierende Wissenschaft dargestellt.

### Selbstbaubatterie zum Starten eines Motors!?

Auf ihrem Weg an die Spitze der Drogenhersteller in New Mexico verbessern Walter und Jesse auch *peu à peu* ihre Laborausstattung. Die Grundausrüstung sowie einige Chemikalien stiehlt Walter in seiner Schule, besonderes Equipment besorgt Jesse über dunkle Kanäle. Jedoch lässt sich ein solches Syntheseunterfangen im Labormaßstab nicht unauffällig in der Stadt oder gar in Walters Schullabor durchführen. Deshalb erstehen Walter und Jesse ein Wohnmobil, welches sie als mobiles Labor betreiben und vorzugsweise in der Wüste aufstellen.

Während einer ersten längeren Produktionsphase kommt es durch die Verkettung unglücklicher Umstände sowie Jesses Unüberlegtheit zur vollständigen Entladung

## 2: EIGNET SICH EINE SELBSTBAUBATTERIE ZUM STARTEN EINES WOHNMOBILS?

Zum Bau der elektrochemischen Zelle bittet Walter Jesse, ihm die Bremsklötze sowie diverse verzinkte Metallteile zu bringen und nimmt sich selbst noch Haushaltsschwämme sowie KOH-Elektrolytlösung aus dem Chemikalienbestand. Aus den beiden letzteren baut er den Ionenleiter, welcher beide Halbzellen, d.h. Anode (Minuspole) und Kathode (Pluspole), einer elektrochemischen Zelle verbindet. Sehen wir uns mal die beiden Halbzellreaktionen genauer an:

**Anode:** Walter verwendet verzinkte Metallteile wie Schrauben, Münzen, Muttern etc. Die entsprechende idealisierte Halbzellreaktion ist demzufolge die Oxidation von Zink gemäß  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$  mit einem Standardpotential, d.h. der unter Idealbedingungen maximal erzielbaren Spannung, von

$$E_{\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}}^{\ominus} = -0,76 \text{ V}$$

**Kathode:** Hier verwendet Walter die Bremsklötze des Wohnmobils. Es handelt sich dabei um mit Quecksilberoxid (HgO) überzogene Graphitblöcke. Der Graphit dient hier lediglich als inertes Elektrodenmaterial (Elektronenleiter). Die elektrochemische Reaktion findet mit HgO statt. Wir nehmen nun vereinfacht an, dass Quecksilber als  $\text{Hg}^{2+}$  vorliegt und gemäß  $\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Hg}$  reagiert. Das Standardpotential beträgt

$$E_{\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}}^{\ominus} = 0,85 \text{ V}$$

**Zellreaktion:** Die Gesamtreaktion der galvanischen Zelle lässt sich nun wie folgt (vereinfacht) darstellen:  $\text{Zn} + \text{Hg}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Hg}$ . Die Zellspannung berechnet sich dann gemäß

$$E_{\text{Zelle}} = E_{\text{HgO}/\text{Hg}}^{\ominus} - E_{\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}}^{\ominus} = 1,61 \text{ V}$$

Interessanterweise ist die in *Breaking Bad* gezeigte elektrochemische Zelle ähnlich einer Quecksilberoxidbatterie, welche lange als Knopfzelle u.a. zum Betrieb von Armbanduhren verwendet wurde, und eine Arbeitsspannung von circa 1,35 V besitzt. Arbeitsspannung heißt dabei, dass dies die effektiv zu nutzende Spannung bei Betrieb ist.

Doch welche Spannung kann die in *Breaking Bad* gezeigte elektrochemische Spannungsquelle nun maximal – zumindest theoretisch – erzeugen? Zunächst ist zu bedenken, dass Walter und Jesse nicht nur die Spannung einer Zelle, sondern von sechs Zellen nutzen können. Damit erhöht sich die zur Verfügung stehende Spannung (bei Reihenschaltung) auf maximal  $6 \times 1,61 \text{ V} = 9,66 \text{ V}$ . Diese max. 9,66 V stehen aber nur in einem stark idealisierten Szenario zur Verfügung, ohne Spannungsabfall bei Stromfluss, Nebenreaktionen etc. zu betrachten.

der Batterie des Wohnmobils (Folge II-9). Jedoch ist diese zum Starten des Motors unabdingbar. Da sich die Szenerie im vollständigen Niemandsland abspielt, stellt sich bei Walter und Jesse verständlicherweise eine gewisse Panik ein. Doch auch hier kann Walters chemisches Fachwissen weiterhelfen. Er baut aus Schrauben, Dollarmünzen (verzinkten Metallstücken) sowie Bremscheiben (Graphitblöcke mit Quecksilberoxid) elektrochemische Zellen. Damit gelingt dann das Starten des Motors, was die beiden vor dem Verdursten rettet.

Doch leider würde die von Walter hergestellte Batterie auch in einem stark vereinfachten und idealisierten Szenario nur maximal 9,66 V Spannung liefern (Infokasten 2). Aber reicht eine solche Spannung, um den Motor eines Wohnmobils zu starten? Wohl eher nicht. Typischerweise sind hier 12 V-Batterien verbaut und besonders beim Kaltstart kann es zu einem extremen Spannungsabfall ( $> 10$  V) kommen. Entscheidender ist aber, dass die dünnen Kabel, welche Walter zur Verbindung der einzelnen galvanischen Zellen verwendet, eher ungeeignet scheinen, um den Startstrom von typischerweise minimal 400 A zu leiten.

### Vom Umgang mit Lieferanten, Mitbewerbern und anderen Geschäftspartnern

Im Allgemeinen hängt der Verkaufserfolg eines Unternehmens nicht nur von der Qualität des Produktes ab, sondern auch von Marketing und Logistik. Um das Marketing müssen sich Walter und Jesse wenig Sorgen machen. Die Qualität ihres Blue Meth spricht für sich. Darüber hinaus identifiziert Jesse u. a. Drogentherapiezentren als Absatzmarkt. Unter dem Vorwand „loskommen zu wollen“ nimmt er mit ein paar Freunden an Sitzungen teil, um den im Entzug befindlichen Junkies von kaum beschreibbaren Rauscherlebnissen mit Blue Meth vorzuschwärmen. Es bleibt also die Logistik und insbesondere der Vertrieb. Hier müssen Walter und Jesse relativ schnell feststellen, dass im Drogengeschäft physische Gewalt ein gängiges und probates Mittel zur Durchsetzung von Marktinteressen darstellt.

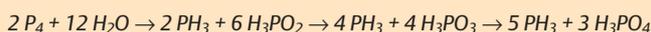
Die erste Erfahrung machen die Beiden bereits in der Pilotfolge (I-1) mit den Kleidealern Emilio und Krazy-8. Bei Verhandlungen in der Wüste eskaliert die Situation, als Walter fälschlicherweise von Emilio für einen DEA-Spitzel gehalten wird. Walter kann Jesses und sein Leben nur dadurch retten, dass er die Dealer in das mobile Drogenlabor lockt, den dort vorhandenen roten Phosphor in eine zuvor erhitzte Flüssigkeit wirft, aus dem Bus stürmt und die Tür von außen blockiert. Emilio stirbt noch im Bus an dem entstehenden Monophosphan (Infokasten 3). Krazy-8 überlebt zunächst mit schweren Vergiftungserscheinungen, wird aber später von Walter im Keller von Jesses Haus erdrosselt.

Die Notwendigkeit, Emilios Leiche spurlos verschwinden zu lassen, bildet in Folge (I-2) den Auftakt zu einer der skurrilsten Sequenzen von *Breaking Bad*. Walter stiehlt zunächst in seiner Schule zwei Kanister mit Flusssäure und beauftragt Jesse, eine große Wanne aus Polyethylen zu besorgen. Jesse, der das Ganze recht unmotiviert angeht, findet

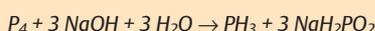
aber im Baumarkt nicht sofort eine Wanne in der passenden Größe. Er kehrt unverrichteter Dinge nach Hause zurück, verfrachtet die Leiche in seine Keramikbadewanne im ersten Obergeschoß, kippt die Flusssäure hinein und verlässt den Raum. Walter, der einige Zeit später in Jesses Haus eintrifft, ist darüber entsetzt. Er kann aber nur noch mit ansehen, wie die Wanne durch die Decke kracht und Emilios amorphe Überreste auf dem Fußboden verteilt werden (Infokasten 4).

### 3: HERSTELLUNG UND EIGENSCHAFTEN VON MONOPHOSPHAN

Monophosphan,  $\text{PH}_3$ , ist ein sehr starkes Nervengift. Walter erklärt Jesse die Entstehung folgendermaßen: „Roter Phosphor wird, beschleunigt durch Hitze und in Anwesenheit von Feuchtigkeit, zu Phosphorhydrid – Phosphangas“. Diese Darstellung ist für Jesse sicherlich ausreichend, allerdings chemisch gesehen nicht ganz korrekt. Beim Erhitzen disproportioniert Phosphor in Gegenwart von Wasser zu  $\text{PH}_3$  und hypophosphoriger Säure. Letztere kann, jeweils unter Bildung von  $\text{PH}_3$ , erst zu phosphoriger Säure und dann zu Phosphorsäure weiterreagieren.



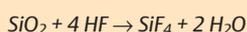
Beim Erwärmen in Natriumhydroxidlösung lässt sich die Reaktion durch Bildung von Natriumhypophosphit weiter in Richtung der Produkte verschieben.



Im Hollemann-Wiberg [12] sind beide Reaktionen mit weißem statt rotem Phosphor beschrieben. Walters Plan, Emilio und Krazy-8 mit  $\text{PH}_3$  außer Gefecht zu setzen, ist unter den gegebenen Umständen durchaus praktikabel. Das Gas reizt akut Augen, Haut und Atmungsorgane. Ein tödliches Lungenödem ist mit Verzögerung möglich. Der  $\text{LD}_{50}$ -Wert für Ratten beträgt 10 ppm bei vierstündiger Inhalation [13]. Allerdings besteht die Gefahr einer Explosion, da  $\text{PH}_3$  ab 1,6 Vol-% in Luft selbstentzündlich ist. Zündquellen wären im Wohnmobil genügend vorhanden. Walter musste sich bei seiner Flucht aus dem Wohnmobil wirklich beeilen.

### 4: EIGNET SICH FLUSSSÄURE ZUM AUFLÖSEN VON LEICHEN?

Die wässrige Lösung des gasförmigen Fluorwasserstoffs bildet nur eine schwache Säure mit dem  $\text{pK}_s$ -Wert 3,19. Walter irrt also, wenn er in Folge (I-2) die Flusssäure als „starke Säure“ bezeichnet. Unbestritten ist aber deren Eigenschaft, siliziumhaltige Verbindungen wie Glas und Keramiken anzugreifen.



Wir, die Autoren dieses Beitrags, verfügen über keine praktische Erfahrung bezüglich des Auflöserns biologischer Materie in Säuren. Allerdings erscheint uns die in *Breaking Bad* beschriebene Methode als verbesserungswürdig. Zunächst einmal dürfte eine oxidierende Säure zur Zerstörung von organischem Gewebe besser geeignet sein. Die Aufschlussverfahren zur Bestimmung von Metallen in biologischem Material [14] sehen für solche Fälle Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) vor. Bei besonders resistenten Matrices wird der Zusatz von Salz- oder Flusssäure empfohlen. Darüber hinaus dürfte es von Vorteil sein, die Reaktion in einem geschlossenen System ablaufen zu lassen. Zusammenfassend würden wir im Baumarkt ein stabiles PE-Fass von geeigneter Größe mit fest verschließbarem Deckel erwerben, die Leiche hineinstecken, ca. 15 bis 20 Liter 65 %  $\text{HNO}_3$  hinzugeben, ein paar hundert Gramm Calciumfluorid ( $\text{CaF}_2$ ) hinzufügen, das Fass verschließen und der Chemie ihren Lauf lassen. Alternativen wären sicherlich auch der Einsatz starker Hydroxidlösungen oder dergleichen.

Diskussionsbeiträge zu diesem Thema sind willkommen.

Trotz der Tatsache, dass die Sequenz sicherlich etwas zu effektheischend umgesetzt ist, werden wichtige Grundlagen beim Umgang mit Chemikalien eindrucksvoll vermittelt. In einer späteren Folge (IV-1) gehen Walter und Jesse diese Aufgabe deutlich professioneller an. Ein vom Drogenboss Gus Fring persönlich getöteter Handlanger wird kurzerhand in ein Chemikalienfass gesteckt und mit Flusssäure über-gossen. Das Fass wird verschlossen, mit der Aufschrift „Corrosive“ versehen und mit weiteren Chemikalienabfällen Richtung Deponie oder Müllverbrennung entsorgt.

Nachdem Emilio und Crazy-8 erfolgreich in ihre chemischen Bestandteile aufgelöst wurden, geraten Walter und

Jesse an den Dealer Tuco. Dieser ist ein lebender Beweis, dass sich Intelligenz und der Hang zur Gewalttätigkeit zu-meist umgekehrt proportional verhalten. Jesse wird von Tuco in einem Wutanfall verprügelt und muss von Walter, der sich inzwischen das Pseudonym „Heisenberg“ zugelegt hat, zur Raison gebracht werden. Dazu sucht er Tuco unter dem Vorwand einer neuen Meth-Lieferung in seinem Büro auf. Als Walter von Tuco ebenfalls bedroht wird, schleudert er einen Kristall auf den Fußboden. Die nachfolgende Explo-sion richtet im Raum schwere Verwüstungen an. Walter ver-deutlicht, dass das vermeintliche Meth-Päckchen ebenfalls aus Sprengstoff besteht und macht gleichzeitig Anstalten, damit das gesamte Gebäude in die Luft zu sprengen. Er er-klärt ihm, dass es sich um Knallquecksilber (Infokasten 5) handelt, „...eine kleine chemische Spielerei“. Der sichtlich beeindruckte Tuco lenkt ein, zahlt anstandslos eine noch fäl-lige Summe für die letzte Lieferung und man einigt sich da-rauf, die Geschäftsbeziehung fortzusetzen.

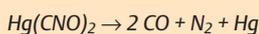
Das nun florierende Drogengeschäft bringt neue Pro-bleme mit sich, da Jesse nicht genug Pseudoephedrin auf-treiben kann, um die erforderlichen Mengen an Crystal Meth herzustellen. Walter konzipiert daher die neue Me-thode zur Synthese aus Basischemikalien (Infokasten 1). Be-nötigt wird hierbei jedoch unter anderem Methylamin, wel-ches Walter und Jesse aus einem Chemikalienlager stehlen wollen. Bei ihrem nächtlichen Einbruch setzen sie zunächst den Wachmann außer Gefecht und öffnen die Tür zum La-ger mit Hilfe einer Thermitladung (Infokasten 6). Obwohl die Aktion letztendlich von Erfolg gekrönt ist, gehen sie mehr oder weniger ungeschickt vor. Später werden sie auf einem Überwachungsvideo von Hank Schrader aufgrund ihrer Vermummung zwar nicht erkannt, aber doch als krim-inelle Dilettanten identifiziert.

Der außerordentliche Verkaufserfolg des Blue Meth lässt Tuco auf die Idee kommen, in Mexiko unter der Schirm-herrschaft des dortigen Drogenkartells in wirklich großem Stil zu produzieren. Er entführt Walter und Jesse in das Haus seines Onkels Hector Salamanca, das einsam irgendwo in der Wüste von New Mexico steht. Dort wartet er auf seine Cousins, die Walter und Jesse nach Mexiko bringen sollen (Folge II-2). Hector hatte lange Jahre als Auftragskiller für ein mexikanisches Drogenkartell gearbeitet, sitzt allerdings nach einem Schlaganfall weitgehend gelähmt im Rollstuhl und kann nur noch mittels einer Klingel kommunizieren. Walter, der Schwierigkeiten vorausgesehen hatte, versucht Tuco beim Abendessen mit Rizin zu vergiften (Infokas-ten 7), das er heimlich einer Enchilada zugesetzt hat. Hector kann seinen Neffen durch intensives Klingeln warnen, so dass dieser Versuch fehlschlägt. Allerdings wird Tuco kur-ze Zeit später von Hank Schrader erschossen.

Auf der Suche nach einem neuen Zwischenhändler las-sen sich Walter und Jesse mit Gus Fring ein, der in der Hie-rarchie des Drogengeschäftes sehr weit oben rangiert und zur Tarnung die Fastfoodkette „Los Pollos Hermanos“ be-treibt. Gus hat im Keller einer Wäscherei ein professionel-les Syntheselabor im industriellen Maßstab einrichten las-

## 5: WIE SCHÜCHTERT MAN EINEN DROGENDEALER MIT KNALLQUECKSILBER EIN?

Quecksilberfulminat hat die Summenformel  $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ . Es ist ein weißes Pulver, das bei Stoß, Reibung, Schlag oder der Einwirkung von Hitze unter Bildung von Quecksilberdämpfen explodiert.

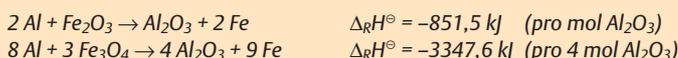


Bereits den Alchimisten war die explosive Wirkung von Mischungen aus Alkohol, Nitra-ten, Silber und Quecksilber bekannt. Erstmals beschrieben wurde Quecksilberfulminat im Jahr 1800 durch Edward Howard. Interessanterweise führten Untersuchungen von Liebig, Gay Lussac und Wöhler an Silberfulminat ( $\text{AgCNO}$ ) und Silbercyanat ( $\text{AgOCN}$ ) zur Entdeckung der Isomerie. Später erkannte Wöhler die Struktur des Fulminat-An-ions  $\text{C}=\text{N}-\text{O}^-$  [15]. Die kristalline Struktur des Quecksilberfulminats wurde erst 2007 aufgeklärt [16].

Im 19. Jahrhundert wurde Quecksilberfulminat als Initiator zum Zünden von Dyna-mit genutzt. Durch seine Giftigkeit und die schwierige Handhabung wurde es aller-dings bald durch das weniger gefährliche Bleiazid ersetzt. Walter geht also ein hohes Risiko ein, als er mit ca. einem Kilogramm ungewöhnlich großer und schöner Kristalle Quecksilberfulminat in Tucos Büro marschiert und diesen auch noch damit hantieren lässt. Kurz gesagt, es grenzt an ein Wunder, dass das Zeug nicht bereits vor seinem dramaturgisch dramatischen Einsatz unkontrolliert hochgeht. Zur Nachahmung defi-nitiv nicht empfohlen.

## 6: WIE KANN ALUMINOTHERMIE BEI EINBRÜCHEN HELFEN?

Im ausgehenden 19. Jahrhundert entdeckte Hans Goldschmidt, dass elementares Alu-minium mit Metalloxiden unter starker Wärmeentwicklung reagiert. Bekannt wurde das Verfahren unter dem Namen Aluminothermie [17] zur Darstellung von Metallen. Besondere praktische Bedeutung erlangte die Thermit-Reaktion mit Eisenoxiden zum industriellen Schweißen. Die Bildung von Aluminiumoxid bei gleichzeitiger Reduktion des Eisens verläuft stark exotherm, wobei Temperaturen von 2400 °C erreicht werden.



Thermit wurde auch in Brandbomben verwendet. Es eignet sich allerdings mehr dazu, Waffen aus Stahl unbrauchbar zu machen, wie Walter in Folge (I-7) gegenüber Jesse am Beispiel der deutschen Superkanone „Schwerer Gustav“ erläutert. Die Thermitreak-tion ist aufgrund ihrer hohen Aktivierungsenergie nicht leicht zu starten, die Entzün-dungstemperatur liegt bei ca. 1500 °C. Meist benutzt man einen brennenden Magne-siumstab zum Zünden, Walter und Jesse lösen das Problem sehr elegant durch Ver-wendung eines Gasbrenners. Das Schloss der Stahltür zum Chemikalienlager leistet keinen ernsthaften Widerstand.



**Abb. 4 Walter beim Kochen im Drogenlabor von Gus Fring**  
(© 2008 Sony Pictures Television Inc. All Rights Reserved).

sen, so dass pro Woche mehrere hundert Kilogramm Crystal Meth produziert werden können (Abbildung 4).

Leider erzielt der von Gus angeheuerte Chemiker Gale Boetticher nicht annähernd die Qualität von Walters Produkt. Gus bietet Walter daher an, zu attraktiven finanziellen Konditionen für ihn zu arbeiten. Allerdings soll Walter lediglich Gale anlernen und nach erfolgtem Wissenstransfer eliminiert werden, da Gus ihn für unzuverlässig hält. Walter, der das Angebot zunächst akzeptiert, ahnt die Falle. Bevor der Auftragskiller Mike Ehrmantraut tätig werden kann, sorgt Walter dafür, dass Gale von Jesse zur Wahrung der eigenen Interessen erschossen wird. Notgedrungen muss die Zweckgemeinschaft weiter zusammenarbeiten.

Mittlerweile ist auch das mexikanische Drogenkartell tätig geworden. Dieses ist mit der Gesamtsituation unzufrieden, da der Markt in New Mexico von Blue Meth beherrscht wird und mehrere Mitarbeiter der Mexikaner durch widrige äußere Umstände gewaltsam ums Leben gekommen sind. Als Deeskalationsmaßnahme wird Jesse nach Mexiko geschickt, um den Kartellmitgliedern die Synthese von Blue Meth beizubringen. Die arrogante Art, wie der in naturwissenschaftlichen Grundlagen gänzlich unbedarfte Jesse dem gestandenen Laborleiter die Methode erklärt, ist eine Demütigung für alle echten Chemiker (Folge IV-10). Die anschließende gaschromatographische Analyse des Produktes gibt ihm zum Erstaunen, nicht nur der Beteiligten, allerdings Recht. Gus nutzt die Gunst der Stunde, um das gesamte Drogenkartell umzubringen und kehrt mit Jesse nach Albuquerque zurück.

Walter wird inzwischen vollends klar, dass er das Ende der Geschäftsbeziehung mit Gus Fring nicht überleben wird und plant seinerseits dessen endgültige Beseitigung. Er zieht Jesse auf seine Seite, indem er die Vergiftung eines Jesse nahestehenden Jungen mit Maiglöckchenglykosiden (Infokasten 8) Gus in die Schuhe schiebt. Hector Salamanca betätigt sich als Selbstmordattentäter, indem er im Beisein von

Gus mit Hilfe seiner Klingel eine Bombe zündet, die Walter vorher am Rollstuhl angebracht hatte. Nach Gus' Tod vernichten Walter und Jesse die Beweise, indem sie im Meth-Labor Feuer legen. In der letzten Szene der vierten Staffel schwenkt die Kamera über Walters Grundstück und bleibt an einer Topfpflanze hängen. In der Großaufnahme erkennt man deutlich den Schriftzug „Lily of the Valley“ (Maiglöckchen).

### Finaler Exkurs: MINT und Media

Mathematiker, Ingenieure, Naturwissenschaftler und Techniker (MINT) spielen im Film- und Fernsehalltag eine untergeordnete, oft abseitige „neerdige“ Rolle und selten die Hauptrolle. Meist wird der Wissenschaftler in Science-Fiction-Filmen als Held oder Mad-Scientist überzeichnet dargestellt bzw. als skurriler Charakter in Komödien karikiert [4]. Wird Chemie im Film einmal gezeigt, so ist sie oft habnübchen falsch. Ein Musterbeispiel ist z.B. der Streifen „Lover Come Back“ von 1961. Im Verlauf der Handlung verbessert ein Nobelpreisträger seine auf dem Cyclohexagerüst basierende Formel, indem er eine  $-CH_3$  Gruppe durch eine  $-CH_4$  Gruppe (sic!) substituiert. Auch in der „Feuer-

### 7: VERWENDUNG VON RIZIN ZUR BESEITIGUNG VON DROGENDEALERN

Rizin (Abbildung 6) ist ein sehr toxisches Lektin, das aus den Samen der Rizinus-pflanze (*Ricinus communis*) gewonnen wird. Bei Lektinen handelt es sich um Proteine oder Glykoproteine mit einem spezifischen Bindungsvermögen für Zucker. Dadurch sind sie in der Lage, mit Kohlenhydraten an Zellmembranen selektiv zu reagieren.

Rizin selbst ist ein Makromolekül, das aus zwei durch Disulfidbrücken verbundene Einheiten aufgebaut ist. Das Effektor (A-Kette) hat ein Molekulargewicht von 32 kDa und ist für die Toxizität des Moleküls verantwortlich. Die N-Glykosidase der A-Kette bewirken eine Deadenylierung und damit den Abbau der 28S-rRNA des Ribosoms, wodurch die Proteinsynthese der gesamten Zelle blockiert wird [18]. Das Haptomer (B-Kette) mit einem Molekulargewicht von 34 kDa hat lediglich eine kohlenhydratbindende Funktion.

Walter benutzt Rizin aus taktischen Gründen. Obwohl für eine erwachsene Person 200–300  $\mu\text{g}$  ausreichen, tritt der Tod nicht sofort, sondern erst nach 48 bis 72 Stunden ein. Innerhalb dieser Zeitspanne bewirkt die Blockierung der Proteinbiosynthese, dass lebenswichtige Eiweiße nicht gebildet werden können. Die Primärsymptome (Übelkeit, Erbrechen, allgemeine Schwäche) lassen nicht unmittelbar auf eine Vergiftung schließen. Darüber hinaus ist Rizin im Körper nur schwer nachweisbar. Walters Motive sind nicht gerade menschenfreundlich, aber unter den gegebenen Umständen durchaus nachvollziehbar. Wer möchte schon ein mexikanisches Drogenkartell zum Feind haben?



**Abb. 6 Modell des Rizinmoleküls, die A-Kette ist in blau und die B-Kette in orange dargestellt** (Quelle: Aza Toth unter Bezugnahme auf die „Protein Data Bank (DOI:10.2210/pdb2aai/pdb) of the Research Collaboratory for Structural Bioinformatics (RCSB)“).

zangenbowle“ taucht ein schlimmer Fehler auf. So kann man an der Tafel des Chemiesaales Folgendes lesen: „Die alkoholische Gärung:  $H_6P_5O_{11} \rightarrow \text{Robrzucker}$ “.

In *Breaking Bad* findet man nichts von alledem. Im Gegenteil: hier werden ernsthafte wissenschaftliche Themen gekonnt in Dialoge eingebaut, um das Spannungsfeld der Charaktere zu verdeutlichen. In Folge (III-4) streiten sich z.B. Walter und Jesse über die Qualität des von Jesse nach der zweiten Methode produzierten Meth. Walter: „Was hast Du zur Reduktion verwendet – nein, sag’s mir nicht – Platindioxid – stimmt’s“? Jesse: „Nein – Quecksilberaluminiumamalgam – das Dioxid ist zu schwer feucht zu halten“.

Besonders Walter nutzt gern derartige Diskurse, um mit scheinbar überlegenem Fachwissen seine Position zu stärken. Er vertritt eine durch und durch materialistische Weltanschauung, in der die Chemie eine wichtige Rolle einnimmt. Diese wird besonders deutlich, als er mit einer Freundin die Summe der elementaren Bestandteile des menschlichen Körpers mit 99,888042 % berechnet. Er weigert sich standhaft, wie von seiner Freundin vorgeschlagen, die fehlenden 0,111958 % der menschlichen Seele zuzuordnen [5].

In einem Gespräch mit Gus Fring in Folge (III-5) erklärt Walter in zwei einfachen Sätzen seine Motivation zur Her-

stellung von besonders reinem Crystal Meth: „Ich habe nur Respekt vor der Chemie. Die Chemie muss man respektieren“. Es deprimiert ihn zutiefst, dass zunächst Jesse und später ein Handlanger von Gus Fring ohne jegliche Chemiekennnisse Crystal Meth nach seiner Methode in hervorragender Qualität herstellen können.

Abseits von *Breaking Bad* findet man leider kaum geistreiche und fundierte wissenschaftliche Dialoge im Film. In einigen Dramen wie „A Beautiful Mind“, „Proof“, „Good Will Hunting“ und „Straw Dogs“ stehen Mathematiker im Mittelpunkt der Handlung. Hier geht es allerdings mehr um das Psychogramm der Hauptpersonen als um ihre Wissenschaft. Auch die Literatur macht da keine Ausnahme. Gute Romane mit wissenschaftlichem Inhalt sind selten zu finden. Entsprechend ist das Bild der MINT-Berufe bei Jugendlichen nicht wirklich positiv, was sich in deren beruflicher Orientierung und dem daraus resultierenden Fachkräftemangel widerspiegelt. Bereits vor Jahren wurden „...die Meinung der Öffentlichkeit und der propere Nachwuchs als Problem der Wissenschaftler im Allgemeinen und der Chemiker im Besonderen...“ von Guggolz und Karger beklagt [6]. Obwohl am Beispiel des Dschungelhelden Tibor, einer Tarzan nachempfundenen Comicfigur des deutschen Zeichners Hansrudi Wäscher, die Vorteile einer soliden chemischen Ausbildung eindrucksvoll demonstriert werden, schlägt der gutgemeinte Versuch zumindest bei ca. 50 % der Bevölkerung eher ins Gegenteil um. Dem Leser wird schnell klar, dass man als Chemie-Nerd à la Peter Parker (alias Spiderman) ganz miese Karten bei den Mädels hat [6]. Auch Klaus Roth begibt sich bei seiner Suche nach der Seele der Wissenschaft auf das Terrain der Comicliteratur und analysiert die Schwächen der deutschen Hochschulausbildung anhand der Leiden des cand. Chem. Donald Duck [7]. In diesem Zusammenhang sei auch auf eine zwar populäre, aber stark verzerrende, gar teilweise falsche filmische Darstellung von naturwissenschaftlichen Methoden in der Forensik hingewiesen. Es darf bezweifelt werden, dass dieser sogenannte „CSI-Effekt“ dem Image der MINT-Berufe langfristig förderlich ist [8].

Aber zurück zu *Breaking Bad*. Ganz abgesehen von den meist korrekten wissenschaftlichen Details bietet diese TV-Serie alle Voraussetzungen für einen unterhaltsamen Fernsehabend nach dem anstrengenden Laboralltag. Sie ist anspruchsvoll, spannend, amüsant, teilweise schockierend und mit viel Liebe zum chemischen Detail gestaltet. Im Vordergrund sind Titel und Schauspielernamen mit chemischen Symbolen unterlegt. Ein kleiner Fehler ist jedoch in Folge (I-7) zu bemerken: das Elementsymbol „T“ findet sich nicht im Periodensystem. Die Methoden der Drogenkartelle sind, soweit man der Literatur Glauben schenken darf, durchaus realistisch dargestellt [9]. Der Chemiker lernt am Beispiel von Jesse Pinkman über die Nachteile im praktischen Alltagsleben bei wenig naturwissenschaftlicher Bildung. Andererseits zeigt das Schicksal von Gale Boetticher, dass zu viel Wissen zum falschen Zeitpunkt tödlich sein kann. Zu wenig Wissen ist also gefährlich, zu viel Wissen auch [10].

## 8: MAIGLÖCKCHENGLYKOSIDE ZUR KONTROLLIERTEN VERGIFTUNG

Das Maiglöckchen (*Convallaria majalis*) ist eine seit langer Zeit bekannte Arzneipflanze, die herzwirksame Glykoside, im Wesentlichen Convallatoxin und Convallosid enthält. Glykosidische Bindungen entstehen analog der Acetalbildung aus einem Halbacetal und einem Alkohol. Convallatoxin (Abbildung 7) bildet sich z.B. aus dem Halbacetal Rhamnopyranose und einer Hydroxylgruppe des Steroids Strophantidin.

Obwohl die Glykoside des Maiglöckchens durchaus wirksam sind, werden sie im Magen-Darm-Trakt nur zu etwa 10 % resorbiert, so dass gemäß Frohne und Pfänder [19] schwere Intoxikationen nach Ingestion kaum zu erwarten sind. Die meisten Vergiftungen treten auf, wenn Maiglöckchen mit Bärlauch verwechselt und verzehrt werden. Walter, sofern er für die Vergiftung verantwortlich ist, hat die Maiglöckchenglykoside für seine Zwecke klug gewählt. Die Symptome sind ähnlich wie bei der Applikation von Rizin, allerdings ist die Gefahr der tödlichen Vergiftung deutlich geringer.

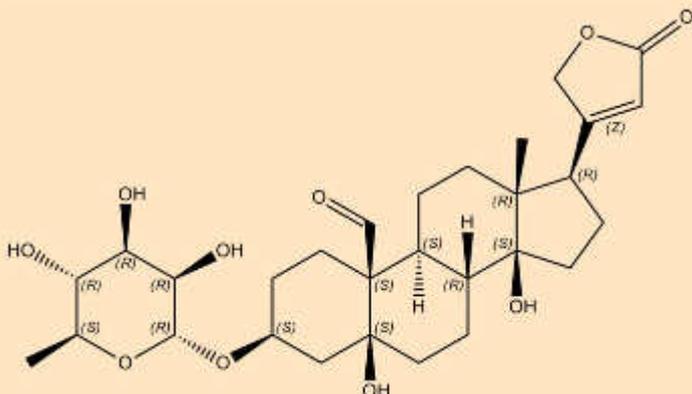


Abb. 7 Strukturformel von Convallatoxin.

Bleibt Walter H. White, der seinen analytischen Verstand innerhalb wie außerhalb des Labors einsetzt, was ihm beim Umgang mit Drogendealern, anderen Kriminellen und der DEA mehrmals den Hals rettet.

*Breaking Bad* macht mindestens so süchtig wie Walters Blue Meth. Auf ARTE läuft die fünfte Staffel ab Herbst 2013. Potentiellen Interessenten empfehlen wir allerdings dringend, alle Folgen chronologisch anzuschauen. Und vielleicht bringt Walter H. White ja den einen oder anderen Zuschauer auch auf den tugendhaften Pfad eines MINT-Studiums. Auf jeden Fall führt die Drogenspur in Staffel 5 nach Hannover. Wir Braunschweiger haben es ja schon immer geahnt...!

### Danksagung

Herr Prof. Dr. Uwe Hohm, TU Braunschweig und Herr Dr. Wolf-Ulrich Palm, Leuphana Universität Lüneburg haben diese Arbeit durch viele nützliche Anregungen, Tipps und Korrekturen maßgeblich bereichert. Wir möchten ihnen dafür herzlich danken.

### Zusammenfassung

Die amerikanische TV-Serie *Breaking Bad* handelt von dem hochintelligenten und krebserkrankten Chemiker Walter H. White, der aus Sorge um die finanzielle Zukunft seiner Familie beginnt, N-Methylamphetamin (Crystal Meth) herzustellen und damit in das Drogengeschäft einsteigt. Walter nutzt seinen überragenden Intellekt und seine naturwissenschaftlichen Kenntnisse, um sich in der von Gewalt beherrschten Drogenszene durchzusetzen. Dabei entwickelt er sich von einem desillusionierten Menschen und biederem Familienvater zu einem zielgerichtet handelnden und skrupellosen Charakter, der auch vor drastischen Maßnahmen nicht zurückschreckt.

### Summary

The American TV series *Breaking Bad* is starring a highly intelligent, cancer-afflicted chemist, Walter H. White. His worries about his family's financial future lead him to begin producing N-methylamphetamine (Crystal Meth) and he starts dealing the drug. Walter uses his superior intelligence and scientific knowledge to become successful in a drug scene characterised by violence. He transforms from a disillusioned man and respectable father into a determined, unscrupulous character who is not afraid of taking the most drastic actions.

### Schlagwörter

Chemie in den Medien, *Breaking Bad*, N-Methylamphetamin, Galvanische Zelle, Flusssäure, Chemische Sprengstoffe, Naturgifte

### Literatur

- [1] B. Osterath, *Nachrichten aus der Chemie* **2011**, 59, 427.
- [2] C. W. Meredith, C. Jaffe, K. Ang-Lee, A. J. Saxon, *Harvard Review of Psychiatry* **2005**, 13, 141.
- [3] N. Stojanovska, S. Fu, M. Tahtouh, T. Kelly, A. Beavis, K. P. Kirkbride, *Forensic Science International*, **2013**, 224, 8.
- [4] S. Perkowski, *Hollywood Science*, Columbia University Press, New York, **2007**.

- [5] D. R. Koepsell, R. Arp, *Breaking Bad and Philosophy*, Open Court Publishing, Chicago, **2012**; Vol. 67.
- [6] E. Guggolz, G. Karger, *Nachrichten aus der Chemie* **2000**, 48, 490.
- [7] K. Roth, *Chemie in unserer Zeit* **2004**, 38, 128.
- [8] M. Jäckel, *Medienwirkungen*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, **2011**.
- [9] I. Grillo, *El Narco – The Bloody Rise Of Mexican Drug Cartels*, Bloomsbury Publishing, London, **2011**.
- [10] A. Fischer, *Nachrichten aus der Chemie* **2011**, 59, 621.
- [11] R. M. Herbst, R. H. Manske, *Methyl Benzyl Ketone*, *Organic Syntheses*, **1936**, Vol. XVI, 47.
- [12] N. Wiberg, *Holleman – Wiberg: Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, 102 Ed., Walter de Gruyter, Berlin, **2007**.
- [13] Air Liquide Deutschland GmbH, Sicherheitsdatenblatt Phosphin (gemäß RL 1907/2006EG). *Rev.-Ausgabe Nr. 3-01 vom 7.2.2011*, *Sicherheitsdatenblatt-Nr.: 100-ALD*, Düsseldorf.
- [14] J. Angerer, M. Fleischer, G. Machata, W. Pilz, K. H. Schaller, H. Seiler, M. Stoeppeler, H. Zorn, Aufschlußverfahren zur Bestimmung von Metallen in biologischem Material, *The MAK-Collection for Occupational Health and Safety*, Wiley-VCH, Weinheim, **2002**.
- [15] K. Bensmann, *Chemie in unserer Zeit* **2007**, 41, 427.
- [16] W. Beck, J. Evers, M. Göbel, G. Oehlinger, T. M. Klapötke, *Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie* **2007**, 633, 1417.
- [17] F. W. Hall, *Aluminothermic Processes*, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Processes*, Wiley-VCH, Weinheim, **2012**, 471.
- [18] E. A. E. Garbner, *Journal of Food Protection* **2008**, 71, 1875.
- [19] D. Frohne, H. J. Pfänder, *Giftpflanzen*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, **2004**.

### Die Autoren



**Falk Harnisch** aufgewachsen im „Tal der Ahnungslosen“ gehört zum letzten Pionierjahrgang. Einer comic-haften, u. a. durch Hannes Hegen und Matt Groening beeinflussten, Frühphase der literarischen Sozialisation folgte eine (noch teilweise anhaltende) Historien- und Montanphase, letztere auch unter Einschluss praktischer Erfahrungen. Während des Studiums der Biochemie in Greifswald wurde er elektrochemisch aktiviert und schloss noch eine Promotion in Umweltchemie ebenda an. Nach Stationen an der TU Braunschweig und der University of Queensland in Brisbane, Australien, baut er seit November 2012 eine Nachwuchsgruppe am UFZ – Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig auf. Wenn er sich nicht dem Zusammenwirken von Elektrochemie und Mikrobiologie widmet, versucht er seine Wissens- und Erkenntnislücken auf vielfältigen Gebieten zu verringern.



**Tunga Salthammer** gehört zur aussterbenden Spezies der Diplomchemiker. Am Fraunhofer WKI leitet er den Fachbereich für Materialanalytik und Innenluftchemie und ist der stellvertretende Leiter des Instituts. Er ist apl. Professor an der TU Braunschweig und Adjunct Professor an der Queensland University of Technology in Brisbane, Australien. Eine gewisse Allgemeinbildung erwarb er durch seine umfangreiche Comicsammlung und den intensiven Konsum von B-Movies während langweiliger nächtlicher Langzeitversuche in der Doktorandenzeit. Aufgewachsen ist er mit Serien wie *Star Trek*, *Raumpatrouille*, *UFO*, *Time Tunnel* und, postpubertär, *Battlestar Galactica*. Seine literarischen Vorbilder sind Carl Barks und Dr. Erika Fuchs. Wenn er nicht gerade „*Breaking Bad*“ oder „*Big Bang Theory*“ guckt, beschäftigt er sich mit Luftschadstoffen in Gas- und Partikelphase.

Beide Autoren verbindet neben der Liebe zur Chemie in Realität und Fiktion eine Affinität zu Langstreckenläufen.

#### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Tunga Salthammer  
Fraunhofer WKI  
Fachbereich Materialanalytik und Innenluftchemie  
Bienroder Weg 54E  
38108 Braunschweig  
Email: tunga.salthammer@wki.fraunhofer.de

#### Co-Autor

Dr. Falk Harnisch<sup>a, b</sup>  
<sup>a</sup> Institut für Ökologische und Nachhaltige Chemie, Technische Universität Braunschweig, Hagenring 30, 38106 Braunschweig, Deutschland  
<sup>b</sup> Department für Umweltmikrobiologie, UFZ-Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Permoserstrasse 15, 04318 Leipzig, Deutschland