



# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus:

*Vom Experimentieren zum Forschen*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



## Inhalt

<b>1. Vorschläge, Nachschläge und Niederschläge</b>	...1
1.1 Prolog des Autors und Ex-Lehrers	...1
1.2 Vorbilder	...2
1.3 Das Salz in der „Theorie-Suppe“	...3
1.4 Mahnruf zur Erhaltung des Experiments im Chemieunterricht	...4
1.5 Von der Pflicht zur Kür: Die freie Spielwiese	...5
<b>2. Forscher an die Schulen</b>	...7
2.1 Erfahrungen und Tipps	...7
<b>3. Forschen als Schule fürs Leben: Die ehemaligen Jungforscher stellen sich vor</b>	...11
<b>4. Projekte aus der Juniorsparte „Schüler experimentieren“</b>	...14
4.1 Was kann ein Fahrradbirnchen-Fotometer?	...14
4.2 Der Fettgehalt in Nahrungsmitteln: Bestimmung mit einer Ratz-fatz-Methode	...24
4.3 Alles nur heiße Luft? Das „Kerzenlift-Experiment“ und das Ende einer Lügengeschichte	...29
4.4 Ein Prüfstand für Klimakiller: Die Absorption von Wärmestrahlung durch Treibhaus-Gase	...35
4.5 Sonne, Strom, sauberes Wasser: Abwasserreinigung durch Elektrokoagulation	...44
4.6 Fraktionierte Destillation mit einer Topfreiber-Kolonne	...50
4.7 Schwermetallentgiftung mit Zwiebel, Knoblauch & Co	...59
4.8 Bunte Tropfsteine im Modellversuch	...71
4.9 Design und Applikation von Säure-Base-Indikatoren	...75
4.10 Von beschwingter Hefe und musikalisch veredeltem Wein	...87
4.11 Nanosilber: Die sanfte Wunderwaffe gegen Bakterien und Keime	...95
4.12 Aquasonolyse: Wasser reinigen mit Ultraschall	...102
<b>5. Projekte aus der Sparte „Jugend forscht“</b>	...114
5.1 Wanted! Die Jagd auf freie Radikale	...114
5.2 Trink dich jung! Antioxidantien in Tees	...125
5.3 Aktiv gegen Passivrauch: Untersuchungen zur Entgiftung von Raucherluft	...137
5.4 Wenn die Erde gärt: Permafrost als Methan-Quelle	...149
5.5 Cyclodextrine als Stabilisatoren für Vitamin C	...160
5.6 $C_{42}H_{70}O_{35}$ : Die neue Zauberformel zur Beseitigung von Mundgeruch	...167
5.7 Zum Wegwerfen zu schade: Die Bananenschale als Problemlöser	...174
5.8 Supramolekulare Wirt-Gast-Komplexe als Fluoreszenzmarker in der Tumordiagnostik	...180
5.9 Die zwei Gesichter des Methans: Neues von der Methan-Emission und –Genese	...195
5.10 Lactoseintoleranz: Nahrungsergänzungspräparate auf dem Prüfstand	...203
5.11 Grüne Olefine aus nachwachsenden Rohstoffen	...213
5.12 Untersuchungen zur Stabilität und Verfügbarkeit von Glyphosat in der Umwelt	...224
5.13 Licht reinigt Luft: Tageslicht-Fotokatalyse mit modifiziertem Titandioxid	...238
<b>6. Literaturverzeichnis</b>	...255
<b>7. Bildquellenverzeichnis</b>	...255

# 1. Vorschläge, Nachschläge und Niederschläge

## 1.1 Prolog des Autors und Ex-Lehrers

(frei nach Goethe, Faust I)

*Habe nun, ach! Chemie durchaus unterrichtet mit heißem Bemühn.  
Heiße Direktor, heiße Doktor gar und zog schon an die vierzig Jahr  
herauf, herab und quer und krumm, Schüler an der Nas' herum.  
Wollt' was Lebendiges beschreiben, anstatt den Geist heraus zu treiben,  
doch ich hielt Teile in der Hand, es fehlte nur ein geistig' Band.  
Jetzt fließt nicht mehr der saure Schweiß und ich möcht' sagen, was ich weiß.  
Nicht alle Freud ist mir entrissen, ich bild' mir ein, was Rechts zu wissen,  
bilde mir ein, man könnte lehren und die Einsichten vermehren,  
um zu sagen, was die Welt im Innersten zusammenhält.  
Da steh ich nun, ich armer Tor, ein bisschen klüger als zuvor,  
im Ruhestand möcht' ich's bekennen, darf ich das Kind beim Namen nennen?*



Hi, ich bin Roland Full. Geboren wurde ich 1948, studierte Chemie und Sport an der Universität Würzburg und promovierte bei Prof. W. Siebert in Würzburg und Marburg mit einem Thema über metallorganische Komplexverbindungen. Bis zur Pensionierung im Februar 2014 unterrichtete ich am Gymnasium Hösbach. Dort war ich Fachleiter, Mitarbeiter in der Schulleitung und betreute über 30 Jahre mehr als 120 Jugend forscht-Projekte. Auch als Autor und Lehrerfortbildner war ich aktiv und erfreue als Botschafter der schönen Chemie seit 1996 Menschen über das Bundesgebiet hinaus mit meiner Chemieshow „Vivaldi goes

Chemistry“. Geehrt hat man mich mit Preisen der GDCh, der Helmholtz-Gemeinschaft, des Bundespräsidenten und mit dem Literaturpreis 2018 des Fonds der Chemischen Industrie.

In meinem Computer-Archiv haben sich über 30 Jahre die schriftlichen Ausarbeitungen von vielen interessanten, z.T. auch anspruchsvollen und erfolgreichen Jugend forscht-Projekten angesammelt. Ihre endgültige Entsorgung in den Papierkorb am Ende einer aktiven Lehreraufbahn muss jedem „Oberindianer“ (so haben mich meine Schüler über viele Jahre liebevoll genannt) schwerfallen. Schon vor dem Einreichen zum Wettbewerb musste ich sie intensiv redaktionell betreuen, weil der Übergang von der Aufsatzsprache in einen wissenschaftlichen Jargon ein langer Lernprozess ist. Zum Wegwerfen zu schade, dachte ich mir vor dem Klick auf die Löschtaste, denn die Arbeiten könnten ja auch für Lehrer und Schüler über den engen Kreis der Wettbewerbsbeteiligten hinaus Lesestoff, Orientierung und Anregung sein. Also habe ich die 15 Seiten-Formate auf einen Kurzaufsatz heruntergebrochen, habe komprimiert, lektoriert und redigiert, und ihre Entstehungsphase nochmals durchlebt. Deshalb trete ich hier als Herausgeber und Coautor der Schülerarbeiten auf. Die eigentlichen Urheber sind meine ehemaligen Schüler, die der erneuten Überarbeitung durch mich und einer Veröffentlichung begeistert zustimmten. Sie bitten aber darum, ihre erste wissenschaftliche Publikation aus der Zeit heraus zu verstehen, in der sie geschrieben wurde.

Roland Full

Hösbach, im Oktober 2018

## 1.2 Vorbilder

Im Februar 2014 ging meine aktive Zeit als Chemielehrer zu Ende. Begonnen hat alles mit der Einschreibung für die Fächer Chemie und Sport in Würzburg, im Wintersemester 1968. Zur Chemie kam ich als sportlich veranlagter Schüler nicht aus eigenem Antrieb. Ein mir väterlich zugeneigter Lehrer am Gymnasium riet mir dazu, weil er der Meinung war, dass ein Sportlehrer noch ein „gscheites Fach“ (gemeint war ein Hauptfach) unterrichten sollte. Ich tendierte bis dahin zur Biologie und die Entscheidung fiel mir schwer, weil die Chemie für mich in meiner Schulzeit ein Buch mit sieben Siegeln war. Aus Frust wurde Lust, als ich meinen späteren akademischen Großvater, Prof. Max Schmidt, in der Grundvorlesung in Würzburg als experimentierfreudigen Wirbelwind und mitreißenden Lehrer erlebte. Plötzlich lichtete sich das geistige Dickicht und ich begann zu begreifen. Diese Transparenz und diese ansteckende Faszination wollte ich mir als Chemielehrer auch zu eigen machen. Ja, es gab einige Leuchttürme, die mir den Weg wiesen, nicht nur mein Lehrermentor und Max Schmidt, sondern auch der große Schweizer Chemielehrer, Lehrbuchautor und Chemiedidaktiker Hans Rudolf Christen, dem ich einmal persönlich begegnen durfte. Die Kernaussage „Auf den Lehrer kommt es an“, auf die man die 2009 veröffentlichte Studie von John Hattie gerne reduziert, hat Christen schon lange vor 1997 seinen Chemiedidaktik-Kandidaten mit auf den Weg gegeben: „Es ist weniger wichtig was Sie unterrichten als wie Sie unterrichten!“ [1]

Auch schon vor Hattie hatte man eine Ahnung davon, was einen guten Lehrer ausmacht. Die Bereitschaft zum Perspektivwechsel gehört dazu, d. h. er muss sich in seine Schüler versetzen können, um seine eigene Wirksamkeit zu überprüfen. Als weitere Lehrtugenden sollen hier noch die Fähigkeit zur didaktischen Reduktion, zur Herstellung von Transparenz, und die spürbare Freude am eigenen Fach genannt werden. Von Christen lernen wir, dass ein Chemielehrer die Faszination an seinem Fach am überzeugendsten durch das Experiment zum Ausdruck bringen kann. Nicht zufällig trägt eines seiner Bücher den Titel „Vom Experiment zur Theorie“ [2]. Zu den Voraussetzungen für eine erfolgreiche Lehrtätigkeit im Fach Chemie gehört eben neben solidem Fachwissen auch experimentelles Geschick.

Fasziniert haben mich in den 1970er und 1980er Jahren auch die Fernsehsendungen und Bücher des Neurologen und Wissenschaftsjournalisten Hoimar von Ditfurth. Seine brillante Formulierungskunst und seine Gabe, komplizierteste naturwissenschaftliche Sachverhalte auch für Laien glasklar darzustellen, faszinierten mich und machten ihn für den jungen Lehrer zum unerreichbaren Vorbild. Dann gab es noch das Lehrbuch „Chemie - eine lebendige und anschauliche Einführung“ von R. Dickerson und I. Geis [3], das mir in meinen ersten Berufsjahren in die Hände fiel. Sein wahrhaft universeller Ansatz und seine unkonventionelle Machart haben mich begeistert. Hier traf ein Textautor auf einen Grafiker, dessen Illustrationen - auch die ausgefallenste Karikatur - eine pädagogische Funktion erfüllen. Dieses Buch ist auf seine Art im wahrsten Sinn des Wortes ein ganz großer Wurf.

Kann sein, dass ich inzwischen in die Fußstapfen meiner Vorbilder getreten bin. Lehrer hinterlassen Spuren, positive und negative. Ich habe mir immer gewünscht, dass die positiven überwiegen und dass es mir wie meinem alten Lehrer gelingen möge, jungen Menschen Perspektiven aufzuzeigen. Ob das so war, erfährt man meist erst bei späteren Begegnungen oder unmittelbar, wenn der Kontakt über die Schulzeit hinaus nicht abreißt. Rück-

blickend kann ich sagen, dass es da eine Schar von Anhängern gibt. Den Nährboden für eine nachhaltige gegenseitige Wertschätzung lieferte weniger der stundenplanmäßige Unterricht als vielmehr die intensive Begegnung im Rahmen einer Forscher-AG an der Schule.

### **1.3 Das Salz in der „Theorie-Suppe“**

Für mich entwickelte sich die Chemie vom Horrorfach zum Faszinosum, weil mir in meinen Forschertagen bewusst wurde, dass die Neu- und Umgestaltung der submikroskopischen Welt eine einmalige und schöpferische Dimension hat, und weil das Fach mir nicht nur Theoretisches abverlangte, sondern auch meine handwerklichen Neigungen befriedigte. Chemie auf Lehramt zu studieren bedeutet aber auch, sich auf ein Fach einzulassen, das weltweit in allen Rankings der beliebtesten Schulfächer regelmäßig im hintersten Feld landet. Und gerade weil Chemie ein nicht ganz ungefährliches Fach ist und an Schulen bisweilen von sensibilisierten Eltern mit Argusaugen begleitet wird, bedarf es einer sehr gründlichen Vorbereitung auf die Lehrtätigkeit in diesem Fach. Nur durch sie kann auch gewährleistet werden, dass das reale Experiment das Herzstück des naturwissenschaftlichen Unterrichts bleibt. Es besorgt mich zutiefst, dass diese pädagogische Maxime mittlerweile nicht mehr uneingeschränkt gilt. Experimente sind das Salz in der „Theorie-Suppe“. Erst beide zusammen führen zu einem „schmackhaften Unterricht“. Wenn mir Kinder aus meinem Bekanntenkreis erzählen, dass sie während ihres Chemieunterrichtes am Gymnasium nicht ein einziges Experiment zu sehen bekamen, dann ärgert mich solcher Minimalismus, vor allem wegen seiner nachhaltigen negativen Folgen. Für mich war das Experiment eine der Quellen, die mir die Kraft gaben, diesen Job 40 Jahre lang ohne Burnout und Motivationsverluste zu überstehen. Experimentierfreies Unterrichten ist nicht nur langweilig, es rührt an die Grundfeste des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Schüler erfahren niemals live, auf welchem Wege all die Erkenntnisse zustande kamen, die man ihnen beizubringen versucht. Dass Experimentalunterricht für das Lernen und Verstehen von Chemie von elementarer Bedeutung ist, wurde schon früher sehr eindrucksvoll dargelegt [4]. Chemische Experimentiertechnik ist eine Kunst, die über Jahrhunderte gewachsen ist. Droht sie an Schulen auszusterben? Mir geht es hier nicht nur um das „Wollen“, sondern auch um das „Können“. Man kann junge Kollegen, deren Unsicherheiten ich im Unterrichtsalltag und auf Lehrerfortbildungen allzu oft hautnah erlebt habe, nicht für ihre Defizite verantwortlich machen. Ein erfahrener Kollege sagte mir, dass in seinem Bundesland Nordrhein-Westfalen nach seiner Einschätzung die angehenden Chemielehrer im Studium kaum auf die speziellen experimentellen Anforderungen der Schulchemie vorbereitet werden. In der Schweiz ist das die heilige Pflicht der Fachdidaktik, auch in der Nach-Christen'schen Ära. Deshalb erscheint mir eine grundlegende Reform des Lehramtsstudiums mit einer stärkeren Einbindung der praxisnahen Fachdidaktik und einer deutlichen Orientierung an den Anforderungen des Schulalltags längst überfällig.

Mit den Erfahrungen meiner letzten Berufsjahre als Gymnasiallehrer habe ich bei der Tagung der GDCh-Seniorexperten in Münster 2016 unter der Überschrift "Mahnruf zur Erhaltung des Experimentes im Chemieunterricht" ein Poster präsentiert, das bei den Senioren viel Zustimmung bekam. Dann wurde es wieder ganz still um meine Initiative. Deshalb möchte ich das Memorandum hier nochmals meinen Lesern vorstellen.

## 1.4 Mahnruf zur Erhaltung des Experiments im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Weichen für ein naturwissenschaftliches Studienfach werden in der Schule gestellt. Weichensteller sind Lehrer, die begeistern können. Eine Quelle der Faszination und Motivation und manchmal sogar ein Stimulans für Lehrer und Schüler ist das Unterrichtsexperiment. Es ist in der Lehre auch deshalb unverzichtbar, weil es den fundamentalen Weg aufzeigt, auf dem Naturwissenschaften Erkenntnisse über diese Welt gewinnen. Das bahnbrechende Experiment zum Nachweis von Gravitationswellen ist dafür ein aktuelles Beispiel. Es kann nicht genügen, Schülern im Unterricht nur die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung mitzuteilen. Sie müssen den Weg der Erkenntnisgewinnung auch selbst erleben und gehen. Naturwissenschaftlicher Unterricht ohne Experimente bedeutet, dass unseren Schülern eine der attraktivsten Seiten der Naturwissenschaften vorenthalten wird.

Unsere medienüberfluteten Kinder erleben in zunehmendem Maße einen naturwissenschaftlichen Unterricht, in dem das Realexperiment auf breiter Front vom virtuellen Experiment verdrängt wird. Schließlich gibt es ja für fast jedes Unterrichtsexperiment ein passendes Video. Besonders hart trifft es den Chemieunterricht: Dort, wo jahrzehntelang die Bunsenflamme flackerte, flimmert jetzt oft nur noch der Bildschirm. Schuld daran sind bürokratische Überregulierungen, aber auch das zunehmende Defizit der Lehrenden an handwerklich-experimentellen Fähigkeiten. Wenn beides zusammentrifft, dann lässt sich das Entfallen des Experimentes leicht mit den bürokratischen Hürden (Gefährdungsbeurteilung, Ersatzstoffprüfung) begründen. Permanent wachsende Negativlisten mit verbotenen Stoffen und Tätigkeiten schaffen ein Klima der Verunsicherung, das massiv um sich greift. Bei ihrer Bewertung werden aber Gefahrensituationen konstruiert, die für Schulen völlig unrealistisch sind. Restriktionen werden mit Expositionswerten begründet, die eigentlich für betriebliche Verhältnisse mit Langzeitexpositionen gelten. Im Schulunterricht beschränkt sich der Kontakt mit bestimmten Gefahrstoffen in der Regel auf wenige Minuten und das oft nur einmal oder wenige Male in der ganzen Schulzeit. Und, hat der Chemiker nicht einmal gelernt, dass der Umgang mit Gefahrstoffen nicht zwangsläufig eine Gefährdung der Protagonisten bedeuten muss? Chemie ohne Gefahrstoffe ist ein Widerspruch in sich, denn diese Chemie gibt es nicht! Hier muss die Frage nach der Verhältnismäßigkeit von Schaden und Nutzen in der Lehre durch Restriktionen eindringlich gestellt werden. Wollen wir wirklich den Chemieunterricht zu einer Veranstaltung mit Haushaltschemikalien verkümmern lassen und unseren Kindern ein einfältiges Bild von unserer vielfältigen und komplexen stofflichen Welt vermitteln? Professor Blume, der Internetratgeber für Chemie mit eigenem Bildungsserver und großer Außenwirkung, bringt es auf den Punkt: „Irgendwie hat man den Eindruck, dass manche Bürokraten meinen, dass Schüler und Lehrer die Schulchemikalien essen und trinken ...“ und ... „Es gibt offensichtlich Bestrebungen, das Fach Chemie als Experimentierfach komplett abzuschaffen“.

Die öffentliche Hysterie, die in den 80er und 90er Jahren die Chemie zu einer lebensfeindlichen und umweltzerstörenden Teufelwissenschaft machte, scheint jetzt nicht nur die Behörden, sondern auch schon die verunsicherten Lehrer zu erfassen. Das ist eine Entwicklung, die an den Fundamenten der naturwissenschaftlichen Bildung rüttelt und am stärksten die Chemie trifft. Deshalb mein Appell an Lehrer, Behörden und Ministerien: Schauen Sie auf unsere Schulen und helfen Sie mit, den Lehrern in den naturwissenschaftlichen Fächern die entzogenen Kompetenzen zurückzugeben und das Experiment zu retten!

## 1.5 Von der Pflicht zur Kür: Die freie Spielwiese

Auch im Ruhestand empfand ich es als gewinnbringende Beschäftigung, Schüler bei Jugend forscht-Projekten zu betreuen. Einige will ich hier beschreiben, als Musterbeispiele für den forschenden Chemieunterricht und als Anregung für Kollegen mit ähnlichen Ambitionen. Es ist quasi mein berufliches Vermächtnis und es ist die Geschichte eines jungen Chemielehrers, der sich neben dem Klassenunterricht mit verpflichtenden Lehrplänen ein zweites Standbein an der Schule suchte. Was er in den 1980er Jahren vorfand, war eine große Spielwiese mit vielen Freiheiten für Schüler und Lehrer, fernab von Überregulierungen, Lehrplanzwängen und von Notendruck.

Das Forscherblut, das ich während meiner wissenschaftlichen Tätigkeit geleckt habe, war eine Droge, die noch heute wirkt. Damals habe ich die Lehrtätigkeit an Schulen einer Hochschullaufbahn vorgezogen und es niemals bereut. Aus dem Forscher wurde ein Lehrer der nicht nur lehren wollte. Er wollte auch die selbst erlebte Faszination des Forschens weiter tragen und Schüler motivieren, sich auf das Abenteuer Forschung einzulassen. Ich empfand es als Bereicherung, wenn ich als Lehrer das Pflichtprogramm des Klassenunterrichtes verlassen konnte, um frei und ganz nah am Schüler zu arbeiten. Hier erlebte ich junge Menschen jenseits von Lehrplänen und Notendruck, verlor meinen Paukergestus, schlüpfte aus der Primatenrolle und lernte von meinen Schülern, wie man eine Excel-Tabelle anlegt, was ein iPod alles kann und was auf facebook so abgeht. Es faszinierte mich, diese andere Seite der Schülerpersönlichkeit zu erleben und es faszinierte mich noch mehr, wenn sich die verspielten Kinder von gestern zu jungen Forschern und zu starken Persönlichkeiten mauserten, die wissen was sie wollen. Als Jufo-Betreuer verspürte ich Resonanzen und Anerkennung in einer für einen Lehrer ungewohnten Unmittelbarkeit und Intensität, auch weil die Öffentlichkeit regen Anteil an den Erfolgen und den behandelten Themen nahm. Junge Forscher gelten offenbar als völlig unverdächtige und überzeugende Botschafter des wissenschaftlichen Fortschritts. Davon können die wirklichen Profis nur träumen. Natürlich war ich für manche Weichensteller fürs Leben und blieb Bezugsperson weit über die Schulzeit hinaus. Für mich selbst war Forschen mit Schülern wie eine Frischzellenkur. Gerade Lehrer müssen rechtzeitig Überlebensstrategien entwickeln, um nicht zu früh auszubrennen oder in Routine zu erstarren. Engagement ist *ein* Rezept des Lehrers gegen die Leere, aber nur dann, wenn es sich nicht im Altruismus erschöpft. Nur wer viel nimmt, kann auch viel geben! Aus der Retrospektive lässt es sich gut reflektieren und bilanzieren. Hier sind meine Motive, die mich nach 40 Jahren sagen lassen: Es hat sich gelohnt! Ich sage aber auch, warum mir die aktuellen Rahmenbedingungen die Lust zum Weitermachen raubten.

- **Jenseits der Lehrpläne:** Lehrpläne sind ein enges Korsett, das dem Lehrer angelegt wird, um Wissen und Kenntnisse (heute benutzt man gern das Unwort „Kompetenz“) zu vermitteln. Die Chemie hat noch so viele phantastische Facetten, die an der Schule leider viel zu kurz kommen. Wie im Eiskunstlauf muss die „Pflicht“ abgearbeitet werden, aber so richtig spannend wird es erst jenseits der Lehrpläne, in der „Kür“.
- **Keine Überflieger:** Ich will die „Pflicht“ gar nicht in Frage stellen. Sie zwingt den Schüler in eine überwiegend rezeptive Rolle mit vorgeschriebenen Themen. Wenn allerdings aus dem Konsumenten ein Produzent von Wissen wird, setzt ein kreativer Prozess ein, der

junge Menschen in einem ganz anderen Licht erscheinen lässt. Ich habe überwiegend Durchschnittsschüler an meiner Schule betreut und zusehen können, wie sie zu Persönlichkeiten gereift und in die Spitze der deutschen Jungforscher aufgestiegen sind.

- **Schülerpotenzial:** Leider ist die praktische Intelligenz, die diese Schüler auszeichnete, ein Merkmal, das die Schule und auch die Pädagogik gerne ignorieren. Deshalb behaupte ich, dass dem Lehrer im Klassenunterricht viele Schülerqualitäten verborgen bleiben und dass Noten und ein Schulzeugnis einen großen Teil des Schülerpotenzials nicht abbilden. Noch ist das kein Vorwurf an die Schule. Es wird aber einer, wenn sie Schülern nicht die Gelegenheit gibt, ihre verborgenen künstlerischen, musischen, schauspielerischen und innovativ-wissenschaftlichen Talente zu entdecken. Erst wenn sie das tut, wird sie ihrem Bildungsauftrag gerecht.
- **Lehrerfeedback:** Auch ein Lehrer braucht Streicheleinheiten! Bis er sie bekommt vergehen oft Jahrzehnte. Mir tat der enge Kontakt mit den Eltern, der ungezwungene Umgang mit Jugendlichen fast auf Augenhöhe und das unmittelbare positive Feedback von Schülern und Eltern aus der Forscher-AG sehr gut. Eltern sollen die Projekte ihrer Kinder durchaus unterstützend, aber mit Zurückhaltung begleiten. Wenn sie, getrieben vom eigenen Ehrgeiz, mitmischen wollen, dann ist meistens Ärger vorprogrammiert.
- **Funktionäre:** Die Stiftung „Jugend forscht“ muss jährlich eine Reihe von Großveranstaltungen organisieren, bei denen manche Funktionäre die Wettbewerbsmaschinerie stärker im Blick haben als den teilnehmenden Schüler. Besonders schmerzte es mich, dass der Spielraum im Fachgebiet Chemie durch absurde Sicherheitsbestimmungen massiv eingeschränkt wurde und Funktionäre das schamlos mittrugen.
- **Falsche Regeln:** Als ich im Sommer 2015 überrascht feststellte, dass sich die Richtlinien für Jungforscher an den KMK-Vereinbarungen für die Schulchemie und an den dort zulässigen Substanzen orientieren, habe ich in eindringlichen Appellen versucht, die Geschäftsleitung in Hamburg umzustimmen. Es war für mich nicht nachvollziehbar, dass die restriktiven und fragwürdigen Regeln, die für den Klassenunterricht mit 30 Schülern gelten, nun auch einem oder zwei Jungforschern aufgezwungen werden sollen, die unter permanenter Aufsicht ihres Betreuungslehrers im Schullabor arbeiten. Forschung in so engen Grenzen ist ein Widerspruch in sich: Das ist mein Credo!
- **Rücktritt:** Dass ich diese Angst vor Gefahrstoffen mit beherrschbaren Gefahren als Gift für die Freiheit von Forschung anprangerte, hat keinen Funktionär bei Jugend forscht beeindruckt oder zur Formulierung angemessener eigener Regeln inspiriert. Der Apparat einer Institution, die für Innovation und Kreativität steht, zeigte sich uneinsichtig und unbeweglich. Abschreiben ist eben bequemer als neu erfinden! Der Rückzug aus meiner ehrenamtlichen Betreuer Tätigkeit für Jungforscher im Sommer 2017 war deshalb auch ein veröffentlichter Protest [5] gegen kontraproduktive Überregulierungen.



## 2. Forscher an die Schulen

### 2.1 Erfahrungen und Tipps








- **Innovation:** Forschen ist ein zutiefst schöpferischer Akt, dessen Einmaligkeit auch ins Schülerbewusstsein dringt. Nicht nur die großen Forscher unserer Zeit sind es, sondern auch Schüler, die in ferne Wissenswelten vorstoßen können, die wenige Menschen kennen und keiner vor ihnen betreten hat. Neil Amstrong hat dieser Faszination Ausdruck verliehen, als er als erster Mensch den Fuß auf den Mond setzte. Bezogen auf einen jungen Forscher könnte dann sein legendärer Satz lauten: „Ein kleiner Schritt für die Menschheit, aber ein großer in der Entwicklung eines jungen Menschen!“
- **Hand- und Kopfarbeit:** Die Begeisterung am Neuen wächst sich gelegentlich auch zu rauschartigen Zuständen mit Grenzerfahrungen aus. Forschen ist mehr als eine Reise in unbekannte Welten. Es ist die Aufforderung zum zielgerichteten Handeln, planvollen Vorgehen und sauberen Experimentieren. Es ist die Verbindung von Kopf- und Handarbeit, und genau das macht ihren Reiz aus. Handarbeit tut Not in einer verkopften Schulwelt!
- **Rückschläge:** Forschen ist nur selten reines Vergnügen. Es ist zeitraubend und mit hohem Einsatz und Entbehrungen verbunden, kommt nicht ohne Frustrationen aus und erfordert Beharrlichkeit und Durchhaltevermögen. Was hilft, unvermeidliche Rückschläge zu überstehen, ist die exakte Protokollierung und die kritische Reflexion der Tätigkeiten und Ergebnisse, das Hinterfragen jedes einzelnen Schritts und die phantasievolle Suche nach Aus- oder Umwegen.
- **Schüler finden:** Woher kommen die Schüler? Dass sie aus eigenem Antrieb Kontakt zu einer Forscher-AG an der Schule suchen, kommt immer seltener vor. Also macht sich der Lehrer auf die Suche. Eine große Fundgrube ist der propädeutische NaWi-Unterricht in der Unterstufe. Dort machen Kinder durch außerordentliches Interesse, kluge Erklärungen, experimentelles Geschick oder erkennbare Begeisterung auf sich aufmerksam.
- **Ältere Schüler finden:** Wenn es den Zugang über die NaWi-Schiene nicht gibt, oder wenn man Jungforscher in höheren Jahrgängen gewinnen will, dann hilft oft ein Blick in die Notenlisten und ein Gespräch mit dem Mathe-, Physik-, Bio- oder Chemielehrer. Spitzennoten können aber niemals die alleinigen Auswahlkriterien sein.
- **Teamarbeit:** Die Themen werden in der Regel in Zweier- bzw. Dreiergruppen bearbeitet, wobei oft gute zwischenmenschliche Beziehungen und komplementäre Eigenschaften im Team zu besonders ambitionierten und erfolgversprechenden „Seilschaften“ führen. „Jugend forscht“ bietet für besonders Begabte an Gymnasien die Möglichkeit, die von Wirtschaft und Industrie so vehement geforderte, in einem Schulsystem mit Individualbewertung aber nur schwer praktikable Teamarbeit intensiv zu fördern.
- **Arbeitsteilung:** Teamarbeit gestattet auch im Falle anderer wichtiger Termine das Fehlen eines Teampartners bei Labormeetings. Die Arbeitsteilung wird gerade in starken Schaffensphasen oder in Stresssituationen bei Wettbewerben als Entlastung empfunden.

- **Elterngespräch:** Bei Neuzugängen in der AG ist ein offenes Gespräch mit dem Schüler und mit den Eltern zu empfehlen, in dem das freiwillige Engagement gewürdigt, aber auch der organisatorische Ablauf und die Zusatzbelastung angesprochen werden.
- **Siegermentalität:** Ein Einstieg im frühen Alter ist ratsam, weil man kaum auf Anhieb auf dem Siegereppchen landet. Dass man das will, hat keinen Rechtfertigungs- und Erklärungsbedarf. Es liegt in der Natur eines jeden Wettbewerbs. Kein Sportler nimmt an einem Wettbewerb mit der erklärten Absicht teil, nicht gut abschneiden zu wollen. Und wie im Spitzensport erfordert das Heranführen an immer anspruchsvollere Aufgaben und höhere Ziele einen langen Atem. Die Summe an Erfahrungen, durch wiederholte Teilnahme am Wettbewerb, trägt erheblich zur Reifung bei.
- **Einzelkämpfer:** Da gibt es das Märchen, dass sich ein rastloser kleiner Daniel Düsentrieb zuhause im Keller gegen den Widerstand der besorgten Mutter ein Labor einrichtet und eine revolutionäre Erfindung macht. Das lässt sich auch gut an die Presse verkaufen, nur leider läuft das in 99,9 % aller Fälle ganz anders. Vereinzelt gibt es sie noch, die Einzelkämpfer, die ihre eigene Idee umsetzen und damit im Wettbewerb durchstarten. Bei genauerem Hinsehen wird aber auch da oft deutlich, dass der Vater, ein Onkel oder eine Firma Hilfestellung geleistet haben. Ich habe einen hohen Respekt vor solchen Schülern und eigentlich sind es die wahren Helden der naturwissenschaftlichen Wettbewerbe, die es verdient haben, Spitzenplätze zu belegen.
- **Messbare Ergebnisse:** Der Alltag sieht aber anders aus. Ich habe es in über 30 Jahren Betreuer Tätigkeit ein einziges Mal erlebt, dass ein Schüler mit dem Hinweis an mich herantrat: „Ich hab‘ da ‘ne tolle Idee!“ Ich musste ihm seine Illusion schnell rauben, indem ich ihm nachwies, dass sich die Idee nicht in Untersuchungsreihen gießen lässt, aus denen messbare Ergebnisse herauskommen.
- **Themenfindung:** Und woher kommen die Themen? In aller Regel sind die Lehrer oder andere Mentoren die Ideengeber. Das ist ja auch in keiner Weise anrühlich. An der Hochschule sucht sich der Masterstudent oder der Doktorand einen Professor und der hat ein abgestecktes Forschungsgebiet, das in seinem Arbeitskreis bearbeitet wird. Also wird er dem Kandidaten sagen: „Das ist Ihr Thema!“ So funktioniert professionelle Forschung und deshalb muss man bei „Jugend forscht“ nicht so tun, als hätte irgendeine Muse die Kids heimlich geküsst.
- **Themensammlung:** Ich habe über viele Jahre in einem Ordner eine Themensammlung angelegt. Die Themen stammen aus Tageszeitungen, Magazinen, der „Apothekenumschau“ oder Fachzeitschriften wie „Chemkon“, „PdN-ChiS“ und „ChiuZ“. Die besten sind die, die auf den ersten Blick ganz trivial erscheinen, aber einen hohen Alltagsbezug haben. Dazu braucht es schon den geübten Blick und den sprichwörtlich guten Riecher.
- **Schulische Mittel:** Themen kommen natürlich nur dann für ein kleines Forschungsprojekt an Schulen in Frage, wenn sie mit schulischen Mitteln umsetzbar sind oder wenn mit den schulischen Möglichkeiten zumindest ein Einstieg möglich ist. Meine Aspiranten haben zunächst mit mir das Archiv des Lehrers nach dem passenden Projekt durchstöbert.

- **Forschungsschwerpunkt:** Als Schwerpunktthema hat sich in meiner langen Betreuer-tätigkeit die Wirt-Gast-Chemie herauskristallisiert. Das hing auch damit zusammen, dass über entsprechende Industriekontakte Zeolithe und Cyclodextrine als Materialspenden eingegangen sind. Beide faszinieren dadurch, dass sie molekulare Höhlen oder Porensysteme bilden, in die sich Gastmoleküle passgenau einlagern lassen. So können Substanzen oder Wirkstoffe durch Adsorption deponiert werden, um sie ganz zu beseitigen oder die Entfaltung ihrer Wirkung zu verzögern. Zeolithe sind auch als Katalysatoren eine äußerst interessante Substanzklasse. Es entwickelten sich Projekte, die in Wettbewerben sehr erfolgreich abschnitten. Der thematische Bogen dieser Arbeiten spannte sich von Zeolithen als Geruchsspeicher für Körperschweiß [6] über den katalytischen Abbau von FCKW [7] bis hin zum Einsatz von Cyclodextrinen zur Beseitigung von Mundgeruch [8] oder als Fluoreszenzverstärker bei Tumormarkern [9].
- **Aufsicht:** Auf eine Besonderheit des Fachgebietes Chemie im Rahmen des Wettbewerbs „Jugend forscht“ sei noch hingewiesen: Fast alle anderen Fachgebiete erfordern kein speziell ausgestattetes Labor mit strengen Sicherheitsregeln. Deshalb lassen sich bei Projekten aus diesen Bereichen Arbeiten auch mal zuhause oder ohne Aufsicht erledigen, zumindest streckenweise. Das gibt es in der Chemie nicht. Der Jungforscher braucht ein Chemielabor, und wenn er es in der Schule findet, dann erfordert das Arbeiten dort zwingend eine Aufsicht.
- **Forschertag:** Bei mir traf sich die Gruppe jeden Samstagvormittag im Schullabor und konnte Untersuchungen weitgehend ungestört und ohne permanenten Blick auf die Uhr in Angriff nehmen, deren Ausgang unvorhersehbar war. Deshalb war der Forschertag nach hinten offen. Zugegeben: Nicht jede Lehrerfamilie macht das mit, im Gegensatz zu Eltern, die sich freuen, wenn ihre Kids samstags unter sind! Die regelmäßigen Labormeetings nutzten die Schüler aber nicht nur zum eifrigen Forschen, sondern auch zu gemütlichen Kaffeerunden bei Plausch und Tratsch über den Schulalltag.
- **Betreuertätigkeit:** Die Unterstützung des Betreuungslehrers beginnt mit der Beratung bei der Themensuche und endet mit dem Fitmachen für die großen Wettbewerbe. Bei großen Erfolgen muss er auch das massive öffentliche Interesse und die starke Inanspruchnahme durch die Medien koordinieren und fürsorglich darüber wachen, dass die schulischen Leistungen nicht zu sehr leiden. Dazwischen liegen Aufgaben wie Literatursammlung, Einführung in oder Vertiefung von theoretischem Hintergrundwissen, Chemikalien- und Materialbeschaffung, Einarbeiten in die themenrelevanten Forschungsmethoden, Kontrolle des Zeitmanagements, Navigieren aus Sackgassen und Redigieren der schriftlichen Arbeit.
- **Literaturrecherche:** Am Anfang des Projektes steht ein umfangreiches Literaturstudium, bei dem der Betreuungslehrer behilflich sein muss, weil der Schüler selten in der Lage ist, aus dem umfangreichen Angebot der Suchmaschinen eine sinnvolle Auswahl zu treffen. Immer wieder kommt es vor, dass Untersuchungsergebnisse, die man im Labor mühsam zusammenträgt, längst beschrieben sind. Deshalb lohnt es sich gerade am Anfang, mehr Zeit in eine gründliche Recherche zu investieren, als sich Hals über Kopf in die praktische Arbeit zu stürzen.

- **Außerschulische Partner:** Forschungsprojekte sollten zunächst auf der Grundlage einfachster schulischer Mittel entwickelt werden. Wenn es eine Schülergruppe gibt, die sich regelmäßig trifft, kann die Einarbeitung in neue Arbeitsmethoden auch innerhalb der Gruppe geleistet werden, wobei erfahrene Schüler die Funktion von Tutoren übernehmen können. Wenn die schulischen Ressourcen ausgeschöpft sind, ist es durchaus legitim, die Unterstützung von außerschulischen Partnern aus dem Handwerk, dem Mittelstand, der Großindustrie sowie von Hochschulen und wissenschaftlichen Organisationen in Anspruch zu nehmen. Sie tragen dazu bei, dass die Arbeiten über schulisches Niveau hinaus reifen. Deshalb ist es von großem Vorteil, Kontakte zu außerschulischen Partnern zu pflegen.
- **„Bundesliga“ spielen:** In 30 Jahren habe ich bei 16 Bundeswettbewerben nicht nur eine zunehmende Perfektionierung der Arbeiten, sondern auch eine massive Steigerung des Betreuungsaufwandes registriert. Nicht nur die Leistung der Jungforscher, sondern auch die Qualität und der Umfang des Coachings entscheiden darüber, ob man Bundesliga oder Kreisklasse spielt. Und wenn man nicht vorher resigniert und sich für die „Bundesliga“ entscheidet, aber nicht die Mittel von „Bayern München“ zur Verfügung hat, dann bleibt einem nichts anderes übrig, als sich zumindest an der Spitze zu orientieren, vor allem wenn man weiß, dass es irgendwann zum Aufeinandertreffen kommt.
- **Hohe Hürden:** Von Jahr zu Jahr wurde mir deutlicher, dass ein einzelner Betreuungslehrer aus einer Schule nicht mehr mit der Betreuungs-Power von Eliteschulen, Universitäten, Forschungseinrichtungen und Schülerforschungszentren mithalten kann. Da hilft kein Jammern: Man hat die Wahl Schritt zu halten oder auszusteigen, weil die Richtung nicht mehr stimmt, oder man begnügt sich nur mit der Teilnahme und hinteren Plätzen.
- **Einbußen:** Engagierte und ambitionierte Schüler, die ihr Projekt und die Teilnahme an Wettbewerben ernst nehmen, müssen gelegentlich Einbußen bei Bewertungen im Pflichtunterricht hinnehmen. Nach meiner Erfahrung ist eine entsprechende Bemerkung im Abiturzeugnis oder ein zusätzliches Zertifikat als Beleg für das außerunterrichtliche Engagement mehr wert als die Mathe-1. Bei den Personalabteilungen vieler Firmen ist das ein Alleinstellungsmerkmal, das über die Einstellung entscheidet.
- **Musterarbeiten:** Zum Schluss möchte ich noch darauf hinweisen, dass die im Folgenden beschriebenen Jugend forscht-Projekte aus der Zeit von 2001 bis 2017 stammen und unter anderen als den heute gültigen Prämissen entstanden sind. Viele von ihnen ließen sich unter Berücksichtigung der verordneten Sicherheitsregularien heute nicht mehr in der vorliegenden Form durchführen. Trotzdem oder gerade deshalb halte ich sie für mitteilenswert. Einige mögen sehr anspruchsvoll erscheinen, weil sie schon Züge einer Bachelor- oder Master-Arbeit tragen. Das ist das Ergebnis einer langen Entwicklung mit einer kontinuierlichen Steigerung des Niveaus. Aber auch wir haben mal ganz klein und bescheiden angefangen. Ich habe die 15-seitigen schriftlichen Arbeiten, deren Entstehung z. T. lange zurückliegt, komprimiert und redigiert. Deshalb erscheine auch ich als Mitglied des Autorenteam. Meine ehemaligen Schüler, von denen viele heute professionelle wissenschaftliche Arbeiten publizieren, lassen den Einblick in ihre „Kinderstube“ zu, weil sie auch sagen wollen: „So ging's bei mir mal los!“

### 3. Forschen als Schule fürs Leben: Die ehemaligen Jungforscher stellen sich vor

<p><b>Linda Friedel</b> (geb. Kersting)</p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1984 <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2003 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> 2. Platz Bundeswettbewerb 2001 (Fachgebiet Chemie) <b>Studium/Ausbildung:</b> Betriebswirtschaft Hochschule Aschaffenburg, Masterabschluss <b>Berufliche Tätigkeit:</b> Lehrauftrag Hochschule Aschaffenburg</p>	<p><b>Annelot Krediet</b></p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1983 <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2003 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> 2 x teilgenommen, 2. Platz Bundeswettbewerb 2001 (Fachgebiet Chemie) <b>Studium/Ausbildung:</b> Medizin (Universität Freiburg und Universität Utrecht/NL), Promotion 2016 <b>Berufliche Tätigkeit:</b> Assistenzärztin im Fachbereich Anästhesiologie Universität Utrecht</p>
<p><b>Julia Franz-Upmeyer</b></p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1986 <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2005 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> Landessieg Bayern 2004 (Fachgebiet Chemie) <b>Studium/Ausbildung:</b> Architektur FH Würzburg, Arbeitsverhältnisse in Shanghai und Frankfurt <b>Berufliche Tätigkeit:</b> Architektin im Architekturbüro des Vaters</p>	<p><b>Karin Ballmes</b> (geb. Krumbholz)</p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1986 <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2005 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> 2 x teilgenommen, Landessieg Bayern 2004 (Fachgebiet Chemie) <b>Studium/Ausbildung:</b> Werkstoffwissenschaften Universität Erlangen <b>Berufliche Tätigkeit:</b> Entwicklungsingenieurin bei Robert Bosch GmbH in Bamberg, seit 2018 Teilprojektleiterin im Bereich der Lambdasonden</p>
<p><b>Veronika Kilzer</b></p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1989 <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2008 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> 5. Platz Bundeswettbewerb 2007 (Fachgebiet Geo- und Raumwissenschaften) <b>Studium/Ausbildung:</b> Mathematische Physik, Universität Würzburg, Master in Mathematik <b>Berufliche Tätigkeit:</b> seit 2016 Business-Engineer beim IT-Dienstleister DB System GmbH</p>	<p><b>Lisa Gutjahr</b></p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1989; <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2009 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> 3-mal: 4. Platz Bundeswettbewerb 2006 (Fachgeb. Chemie), 5. Platz Bundeswettbewerb 2007 (Fachgeb. Geo- und Raumwissensch.) <b>Studium/Ausbildung:</b> Chemie und Biochemie, Universität Würzburg, Master <b>Berufliche Tätigkeit:</b> Junior Scientist bei Sika Technology AG/Schweiz, Associate Expert bei Merck im Bereich Analytical Development</p>
<p><b>Thomas Gndant</b></p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1987 <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2006 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> 3 x teilgenommen; 4. Platz beim Bundeswettbewerb 2006 (Fachgebiet Chemie) <b>Studium/Ausbildung:</b> Chemie Universität Würzburg Bachelor-Abschluss <b>Berufliche Tätigkeit:</b> Softwareentwickler</p>	<p><b>Fabian Rodde</b></p>  <p><b>Jahrgang:</b> 1990 <b>Abi Gymn. Hösbach:</b> 2009 <b>Teilnahme Jugend forscht:</b> 3 x teilgenommen; <b>Studium/Ausbildung:</b> duales Studium TU Braunschweig, Master in Wirtschaftsinformatik <b>Berufliche Tätigkeit:</b> Digital Consultant bei der Strategie- und Management-Beratung „zeb“</p>

**Constantin Paulus**  
**Jahrgang:** 1989  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2010  
**Teilnahme Jugend forscht:** 3 x teilgenommen;  
**Studium/Ausbildung:** Duales Studium (B.Eng.) und HS Darmstadt Elektrotechnik (M.Sc.)  
**Berufliche Tätigkeit:** Entwicklungsingenieur, stellv. Gruppenleiter Produktentwicklung, WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG

**Pia Schmidt**  
**Jahrgang:** 1993  
**Abi Internatsschule Dieburg:** 2011  
**Teilnahme Jugend forscht:** 1 x teilgenommen  
**Studium/Ausbildung:** Medizin Ludwig-Maximilians-Universität München; z. Z. experimentelle Doktorarbeit

**Timo Imhof**  
**Jahrgang:** 1992  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2011  
**Teilnahme Jugend forscht:** 6 x teilgenommen; Landesieger 2009 in Bayern (Fachgebiet Chemie)  
**Studium/Ausbildung:** Chemie und Biologie, TU Darmstadt, Masterthesis in Org. Chemie am Institut Català d'Investigació Químicain Tarragona/Sp. 2018

**Thomas Fuchs**  
**Jahrgang:** 1993  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2011  
**Teilnahme Jugend forscht:** 4 x teilgenommen; Landesieger 2009 in Bayern (Fachgebiet Chemie)  
**Studium/Ausbildung:** Chemie TU Darmstadt, Master 2016, z. Z. Dissertation in physikalischer Festkörperchemie

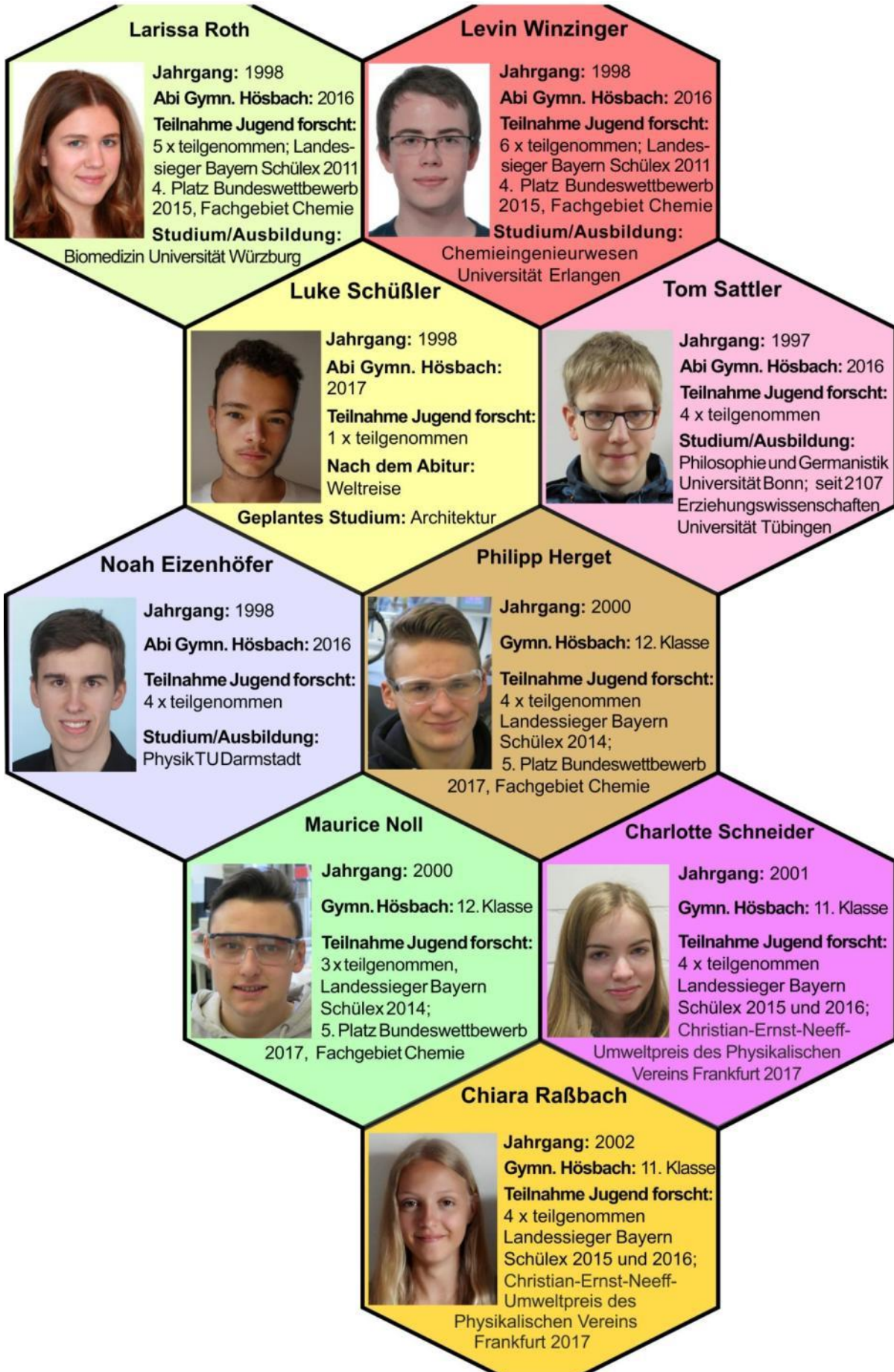
**Gabriel Salg**  
**Jahrgang:** 1994  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2013  
**Teilnahme Jugend forscht:** 7 x teilgenommen; 2 x Landessieg in Bayern bei Schülex; Bundessieger 2011, Landesieger in Bayern 2013 im Fachgebiet Chemie  
**Studium/Ausbildung:** Medizin Uni Heidelberg; z. Z. Dissertation im Bereich Pankreasforschung

**Nicolas Scheidig**  
**Jahrgang:** 1994  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2013  
**Teilnahme Jugend forscht:** 6 x teilgenommen; 2 x Landessieg in Bayern bei Schülex; Bundessieger 2011 (Fachgebiet Chemie)  
**Studium/Ausbildung:** Mechatronik, Hochschule Mittelhessen in Friedberg

**Antonia Hartmann**  
**Jahrgang:** 1996  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2015  
**Teilnahme Jugend forscht:** 3 x teilgenommen; 2. Platz beim Bundeswettbewerb 2014 im Fachgebiet Chemie  
**Studium/Ausbildung:** Umweltwissenschaften an der Universität Koblenz-Landau

**Felicitas Kaplar**  
**Jahrgang:** 1996  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2016  
**Teilnahme Jugend forscht:** 5 x teilgenommen; Landesieger Bayern Schülex 2011, 2. Platz Bundeswettbewerb 2014 (Fachgebiet Chemie); 4. Platz Bundeswettbewerb 2015 (Fachgebiet Chemie)  
**Studium/Ausbildung:** Geowissenschaften TU München

**Luisa Väth**  
**Jahrgang:** 1996  
**Abi Gymn. Hösbach:** 2015  
**Teilnahme Jugend forscht:** 1 x teilgenommen;  
**Studium/Ausbildung:** Mathematik für das Lehramt an Grundschulen, Universität Würzburg



## 4. Projekte aus der Juniorsparte „Schüler experimentieren“

### 4.1 Was kann ein Fahrradbirnchen-Fotometer? (Schülex 2004)

von Fabian Rodde, Constantin Paulus und Roland Full

In einem Artikel in der PdN-Ch beschrieb W. Czieslik 1995 den Eigenbau eines Gerätes zur „Trübungsmessung bei kinetischen Untersuchungen“ [1]. Es besticht durch seine Einfachheit und seine geringen Kosten und es funktioniert im Prinzip wie ein Fotometer: Ein Lichtstrahl wird auf dem Weg durch eine flüssige Probe abgeschwächt und eine Fotozelle misst, wie viel Licht nach dem Passieren der Flüssigkeit noch ankommt. Der Cziesliksche Trübungsmesser faszinierte zwei 15-jährige Schüler. Ihnen gefielen der einfache Aufbau und der schnelle Zugang zum Verständnis der Gerätefunktionen. Im Rahmen eines „Schüler experimentieren-Projektes“ wollten sie selbst ein Gerät konstruieren, das sich an der Literaturvorlage orientiert. Mit einem solchen kostengünstigen Einstieg in die Fotometrie für Anfänger sollte auch die Frage beantwortet werden, was ein solches Gerät noch zu leisten vermag, außer Trübung zu messen. Es sollte beispielsweise geklärt werden, ob man, von der Durchlässigkeit des Lichtes durch eine Lösung, eine Suspension oder eine Emulsion auf die Menge des gelösten, suspendierten oder emulgierten Stoffes zurückschließen kann.

### Bau des Fotometers und Versuchsdurchführung

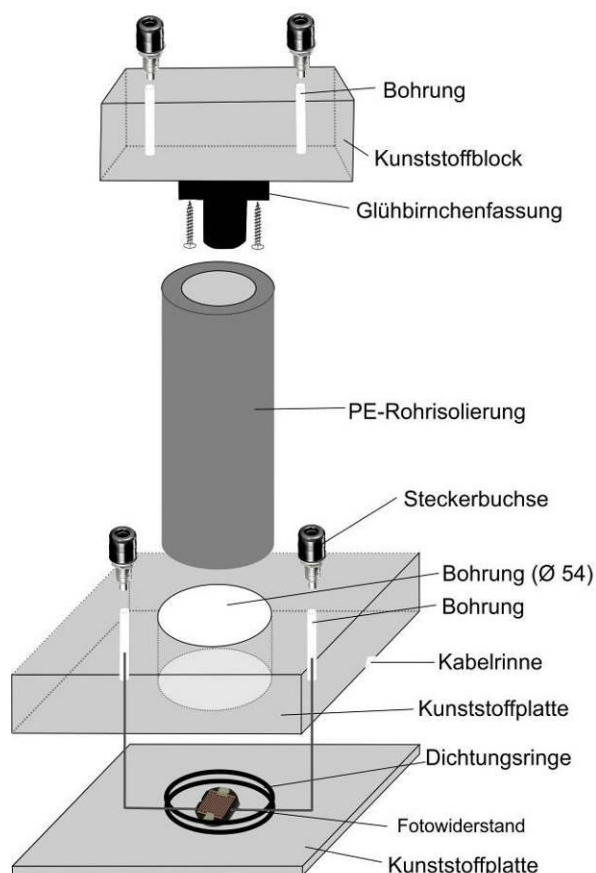


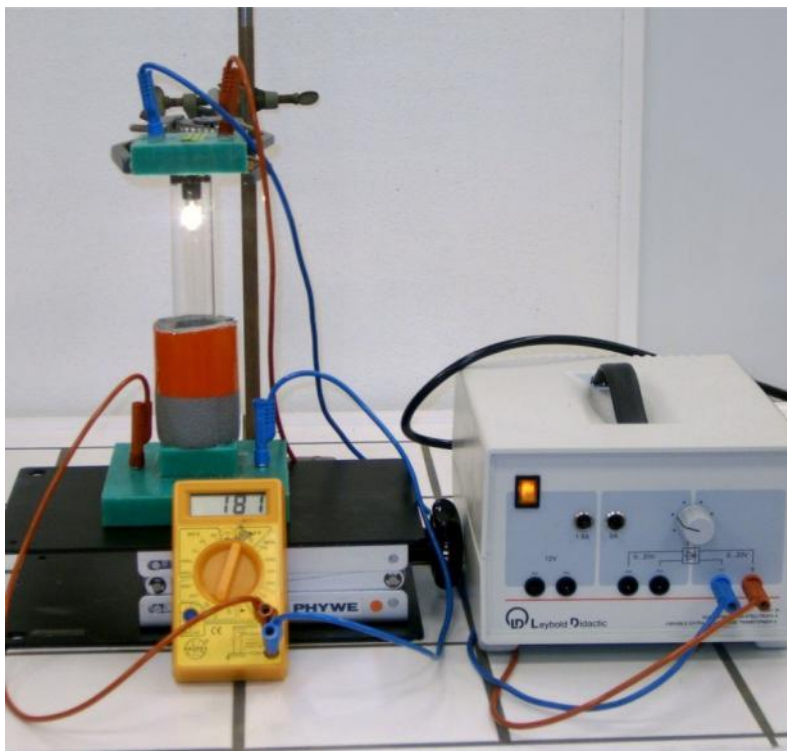
Abb. 1: Bauanleitung für das Fotometer

Das Fotometer besteht aus einer Kunststoffplatte mit den Maßen 14 x 14 x 1 cm und einer weiteren Kunststoffplatte mit 14 x 14 x 3 cm. In die Mitte der dünnen Platte wird der Fotowiderstand des Typs FW 300 (damals: Conrad-Elektronik zu einem Preis von 3,55 €) geklebt. Bei der dicken Platte wird in der Mitte mit der Lochsäge eine zylindrische Bohrung ( $\varnothing = 54$  mm) angebracht. Links und rechts davon gibt es noch 2 weitere Bohrlöcher mit einem dünnen Holzbohrer. Mit einer Dreikantfeile werden Kabelrinnen vom seitlichen Rand über die dünnen Bohrlöcher bis zum großen Bohrloch in der Mitte herausgefeilt. Dort verlaufen später die Kabelzuleitungen des Fotowiderstands. Diese werden in den dünnen Bohrlöchern hochgeführt und oberhalb der dicken Kunststoffplatte mit den beiden Steckerbuchsen verbunden. Danach kann man die beiden Kunststoffplatten mit einem Kunststoffkleber zusammenkleben.



Dabei ist nur darauf zu achten, dass die Kabel vom Fotowiderstand in den ausgefeilten Kabelrinnen verlaufen. Die Öffnungen der Kabelrinnen an den Seitenwänden der Grundplatte müssen noch mit Isolierband zugeklebt werden. Dann können die Steckerbuchsen in den Bohrlöchern verklebt werden. In das große zylindrische Bohrloch werden 2 passende Gummiringe (Dichtungen vom Baumarkt) eingelegt. Sie sorgen bei der Messung dafür, dass die Messküvette (großes Reagenzglas 200 x 30 mm) nicht mit seinem Boden auf dem Fotowiderstand aufsitzt. Von einem Stück Thermoflex PE-Rohrisolierung 28/13 wird ein 29 cm langes Stück abgeschnitten und in das große zylindrische Bohrloch gesteckt. Das ist der Küvettenhalter: Er nimmt das große Reagenzglas mit der Probe auf und schirmt es vor seitlichem Lichteinfall ab. Die Lichtquelle ist ein Halogenbirnchen. Es ist in einer Glühbirnenfassung fixiert, die mit 2 Schraubchen an einem Kunststoffblock mit den Maßen 8 x 8 x 3 cm festgeschraubt wird. Der Kunststoffblock bekommt noch 2 Bohrlöcher, in denen die Zuleitungskabel für die Glühbirnenfassung hochgeführt und mit 2 weiteren Steckerbuchsen verbunden werden. Auch diese Steckerbuchsen werden in den Bohrkanälen verklebt.

Zur Vorbereitung der Messung wird ein Multimeter mit Experimentierkabeln mit den Steckerbuchsen auf der Grundplatte verbunden, die zum Fotowiderstand führen. Vom Messkopf mit der Lichtquelle führen 2 Experimentierkabel zum Stelltrafo mit einer regelbaren Gleichspannung von 0 – 20 V. Die Messung verläuft so, dass das große Reagenzglas exakt mit 20 ml Flüssigkeit (Wasser, Lösung etc.) befüllt und in den Messschacht gesteckt wird, bis sein Boden unten auf den Gummiringen aufsitzt. Am Multimeter wird eine Widerstandsmessung durchgeführt, d.h., es wird die Messskala Ohm ( $\Omega$ ) ausgewählt. Dann wird der Messkopf so in die Reagenzglasöffnung eingeführt, dass sich die Halogenbirne mit der Fassung im Reagenzglasinnenraum befindet und der Kunststoffblock oben auf dem Reagenzglas aufsitzt. Durch das Aufsitzen des Messkopfs und des Reagenzglases am Boden wird gewährleistet,



das die Lichtstrecke bei allen Messungen konstant ist. Von den getesteten Glühbirnen (herkömmliches Fahrradbirnchen 6 V/2,4 A, Halogenlämpchen 5,2 V/0,5 A und Kryptonbirnchen 1,2 V/0,2 A) hat sich das Halogenbirnchen am besten bewährt, weil es am empfindlichsten auf Konzentrationsänderungen von farbigen Lösungen reagiert. Für das Fotometer muss ein Nullwert definiert werden. Wir haben das so gemacht, dass wir in das Reagenzglas im Küvetten schacht 20 ml destilliertes Wasser einfüllten.

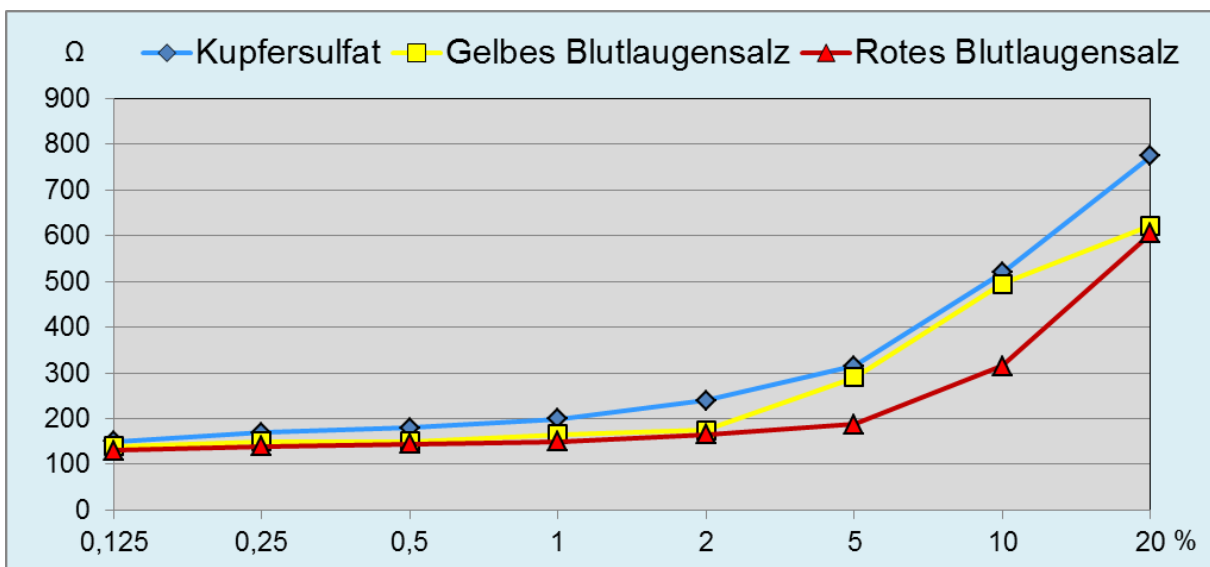
**Abb. 2:** Gesamtansicht der Messvorrichtung

Dann wurde die Spannung für die Halogenbirne so weit hochgeregelt, bis das Ohmmeter exakt 130  $\Omega$  anzeigte. Dieser Wert wurde im Verlaufe länger andauernder Messreihen immer wieder überprüft und gegebenenfalls wurde nachjustiert. Das war quasi die „Nullpunkt-Einstellung“ für alle Untersuchungsreihen.

Um weitere Einflüsse auf das Messergebnis zu überprüfen, drehten wir das Reagenzglas im Küvettenschacht um seine Längsachse oder tauschten das Reagenzglas aus. Es treten Abweichungen von 2  $\Omega$  auf, was angesichts des Messumfanges von 130 – 20.000  $\Omega$  als vernachlässigbar erscheint. Einen signifikanten Einfluss hat dagegen die Füllhöhe der Flüssigkeit, also das, was man in der Fotometrie die Schichtdicke nennt. Deshalb wurden immer 20 ml Flüssigkeit abgemessen und eingefüllt. Bei der Vermessung von wasserklaren, farblosen Flüssigkeiten (Wasser, Propanol, Spiritus, Butanol, Paraffin, Glycerin, Isooctan etc.) erhalten wir im Rahmen der Messgenauigkeit die gleichen Werte. Daraus folgt, dass sich das Mischungsverhältnis von Mischungen mit diesen Flüssigkeiten mit dieser Methode nicht erfassen lässt. Auch beim Lösen von Feststoffen in Wasser, die zu farblosen Lösungen führen, lässt sich keine Konzentrationsabhängigkeit der Messwerte erkennen.

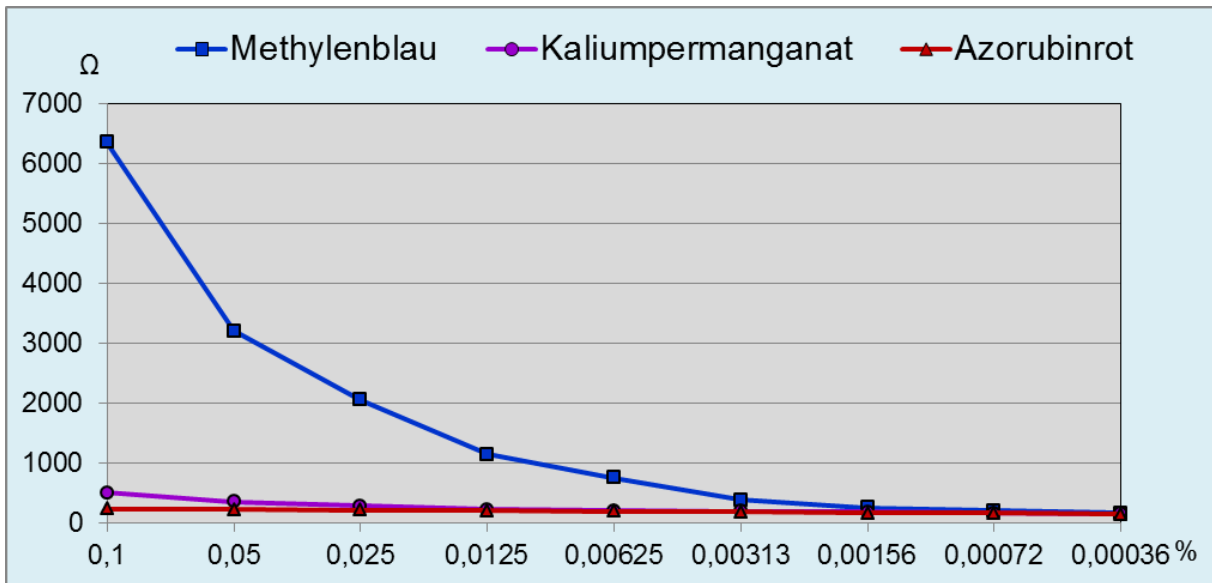
### Konzentrationsreihen bei farbigen Lösungen

Zunächst wollten wir wissen, ob der Fotowiderstand auf die Konzentration von farbigen Lösungen anspricht. Ausgewählt wurden eine blaue Kupfersulfat-Lösung und eine Lösung von Gelbem und von Rotem Blutlaugensalz. Die Abbildungen 3 und 4 zeigen, dass die Werte die Konzentration der Lösungen als Folge der Lichtdurchlässigkeit wiedergeben können, wobei das primitive Gerät auf blaue Farbtöne empfindlicher reagiert als auf gelbe und rote.



**Abb. 3:** Lichtdurchlässigkeit von hellblauen, gelben und orangefarbenen Lösungen

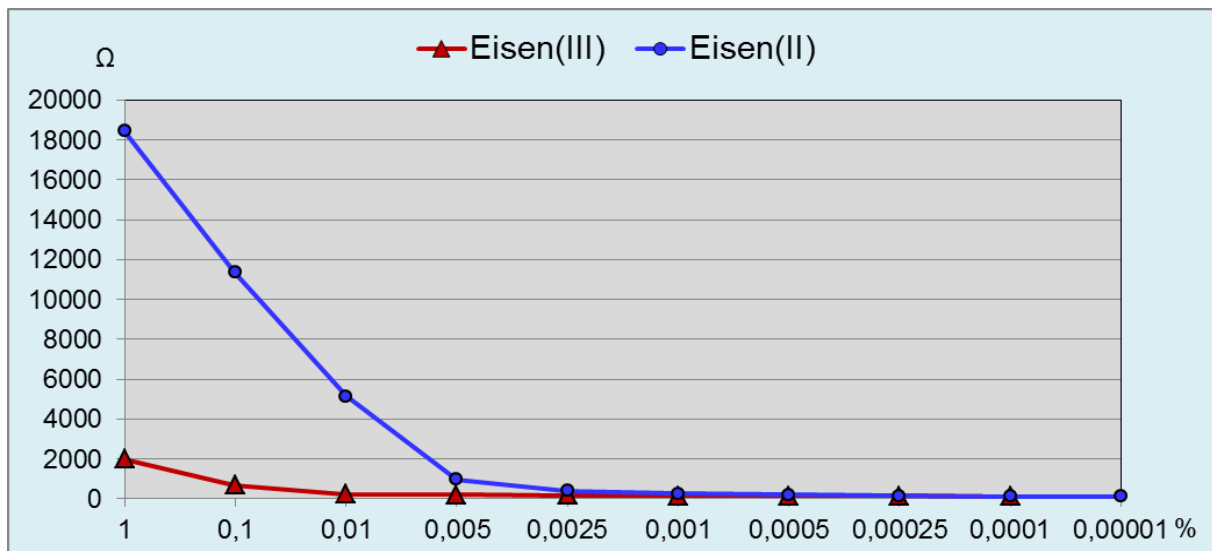
Beim Methylenblau registrieren wir zwischen 0,1 %igen und 0,0125 %igen Lösungen, die wir in Verdünnungsreihen herstellten, einen Abfall des Widerstandes an der Fotozelle von ca. 6000 auf ca. 1000  $\Omega$ . Die Widerstandsänderungen von Kaliumpermanganat- und Azorubin-Lösungen in diesem Konzentrationsbereich sind dagegen marginal.



**Abb. 4:** Lichtdurchlässigkeit von Methylenblau-, Azorubin- und Permanganat-Lösung

### Quantitative Bestimmungen bei Farbreaktionen

Nun wollten wir wissen, ob mit Farbreaktionen auch Mengenbestimmungen vorgenommen werden können. Eisen(II) lässt sich mit Rotem Blutlaugensalz als Berlinerblau nachweisen und Eisen(III) reagiert empfindlich mit Rhodanid unter Bildung von blutrotem Eisenrhodanid. Wir stellten Verdünnungsreihen von Eisen(II)sulfat- und Eisen(III)-chlorid-Lösungen her und gaben jeweils vor der Messung einen Spatel Rotes Blutlaugensalz bzw. Kaliumrhodanid zu. Mit den gemessenen Werten wurden die in Abbildung 5 dargestellten Eichkurven erstellt.

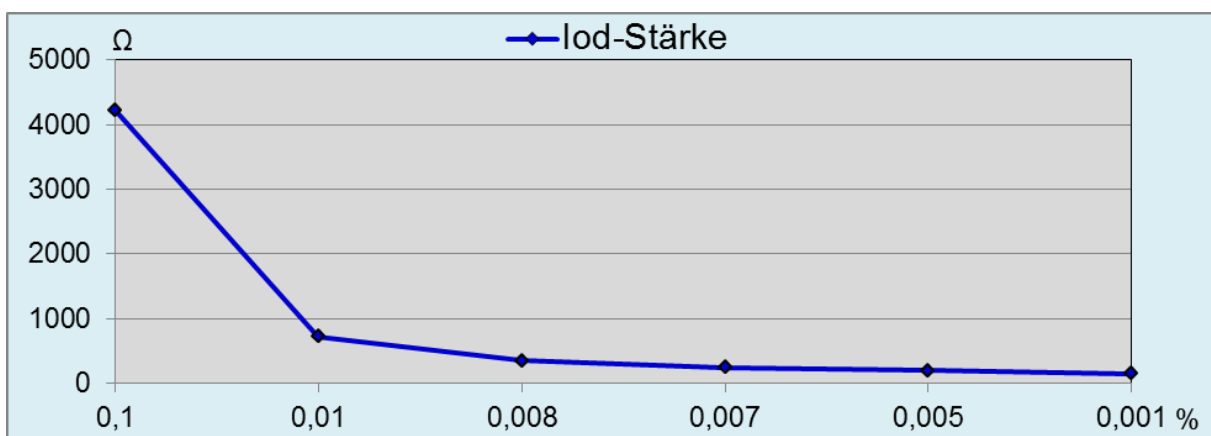


**Abb. 5:** Eichkurven für Eisen(III)- und Eisen(II)-Salzlösungen

Damit sollte der Eisengehalt des in Drogerien erhältlichen Eisenpräparats „tetesept - Eisen plus Vitamin C“ überprüft werden. Nach Angaben des Herstellers sind in 100 g Tablettenmaterial 1,92 % Eisen-II-Gluconat und pro Brausetablette 15 mg Eisen enthalten. Wir lösten 1 Brausetablette in 100 ml Wasser auf, filterten und gaben eine 20 ml Probe davon, die wir zuvor 1 : 1 verdünnten, in die Messkuvette. Nach Zugabe eines Spatels vom Roten Blut-

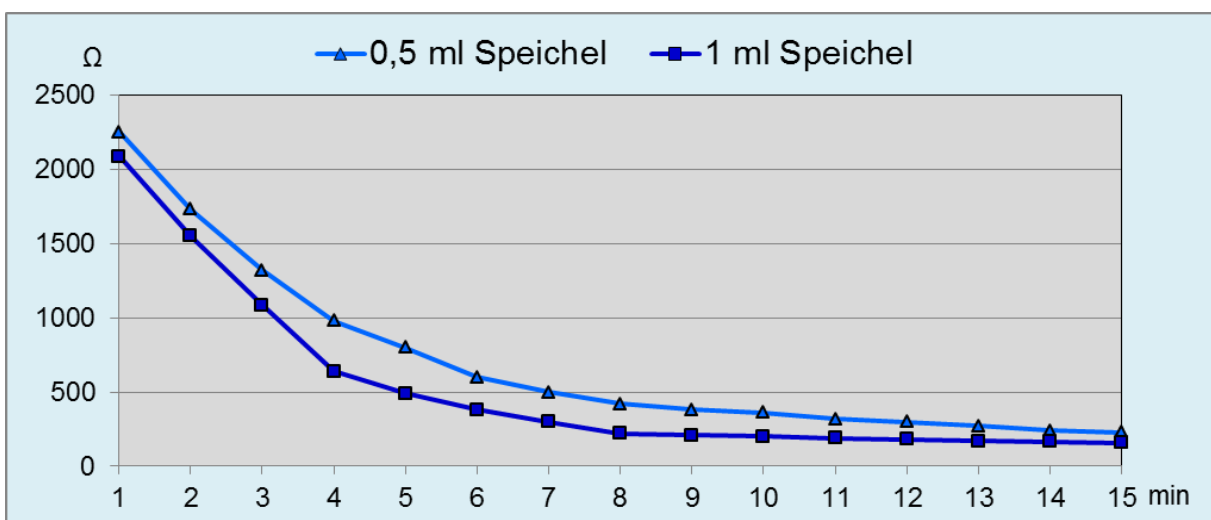
laugensalz ergab sich ein Widerstandswert von 654  $\Omega$ . Dieser entspricht laut Eichkurve in etwa einer 0,004 %igen Eisen(II)sulfat-Hydrat-Lösung. Es sind also 0,8 mg  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  in 20 ml gelöst. Wegen der Verdünnung und bezogen auf 100 ml sind das 8 mg  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ . Das entspricht 1,6 mg an reinem Eisen bezogen auf 100 ml bzw. eine ganze Tablette. Das ist zwar nur ein Zehntel des erwarteten Wertes, aber wahrscheinlich liegt die Abweichung in unserem Messverfahren begründet.

Iod reagiert mit Stärke zum tiefblauen Iod-Stärke-Komplex. Auch hier wollten wir wissen, ob die Farbtiefe bei gleichbleibender Iod-Konzentration (eigentlich Iod-Iodkali) von der Konzentration der Stärke abhängt. Wir stellten eine 0,1 %ige Stärkelösung her und verdünnten sie in verschiedenen Schritten bis zu einer 0,001 %igen herunter, bei der die Blaufärbung mit dem Fotometer gerade noch nachweisbar war. Zu 20 ml der Lösungen pipettierten wir jeweils 0,1 ml Iod-Kaliumiodid-Lösung und erstellten damit die in Abbildung 6 dargestellte Eichkurve.



**Abb. 6:** Eichkurve für die Konzentration der Stärke als Iod-Stärke-Komplex

Damit wollten wir den Stärkegehalt in Lebensmitteln bestimmen. Zunächst kochten wir 0,1 g rohe Kartoffel 30 min in 100 ml Wasser, ließen erkalten, füllten wieder exakt auf 100 ml auf und entnahmen eine 20 ml Probe. Diese wurde mit Iodlösung versetzt. Im Fotometer ergibt sich ein Widerstandswert von 316  $\Omega$ , aus dem sich ein Stärkegehalt der Kartoffel von 7% errechnet. Im Allgemeinen wird der Stärkegehalt der Kartoffel mit 15 % angegeben [2].



**Abb. 7:** Stärkeabbau mit Hilfe von Mundspeichel anhand des Iod-Stärke-Komplexes



# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus:

*Vom Experimentieren zum Forschen*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)

