

## Projekt BERZELIUS im Hightech-Labor der Naturwissenschaften

Text: Dr. Martin Novotny, Dr. Alfred Steinbach und das Berzelius-Team der PHSG

32

Schulen, Bücher oder Youtube-Filme können echte Erfahrungen nicht ersetzen. Der Mensch begreift durch Tun und mit Hilfe seiner Sinne. Das Berzelius-Projekt der Pädagogischen Hochschule St. Gallen (PHSG) bietet SchülerInnen auf Schulstufe Sek II die Möglichkeit, Wissenschaft selbst zu praktizieren. Mit Hightech-Labor- und Messgeräten stellen sie der Natur Fragen, dies in Form von Experimenten. Erklärungen, Hintergründe und vieles mehr gibt es in umfassenden Multimedia-Journalen. Es geht um Wissenschafts-, Daten- und Medienkompetenzen, um ein interdisziplinäres Verständnis von Zusammenhängen und schlussendlich um philosophische Fragen über uns, unser Wesen, unsere Rolle im Universum und die vermeintliche Wahrheit und Wirklichkeit.

### Experimente und Fragen

Die Entwicklung des Menschen läuft über das Experimentieren. Neugeborene rudern mit Armen und Beinen, spüren Widerstände und Berührungen: erste neuronalen Verknüpfungen entstehen. Kleinkinder lassen den mit Brei gefüllten Löffel fallen und erfahren die Auswirkungen der Schwerkraft und die Reaktionen der Eltern. Mit Erlernen der Sprache beginnt das Fragen: Was passiert mit Opa, wenn er tot ist? Wohin geht das «Aa» im Klo? Ein Experiment jagt das nächste, und Myriaden von Fragen bringen die Erziehenden schnell an ihre Grenzen, während sich im Gehirn des Kindes das Gedächtnis ausbildet und Weltwissen anhäuft. Dies alles nimmt mit dem Alter rapide ab.

Bildschirme bestimmen heute alle unsere Lebensbereiche. Ihre Gegenwart ist invasiv, zieht alle Aufmerksamkeit auf sich und erstickt die Neugierde an der Umwelt. Digitale Inhalte sind offensichtlich interessanter als die analoge Welt um uns herum. Während einer Tramfahrt wird das Smart-

phone ausgepackt, statt sich mit den Mitreisenden oder dem Treiben der Stadt zu beschäftigen. Diese unwiderstehliche Anziehungskraft der Digitalisierung gilt es in der Bildung zu nutzen, insbesondere um damit ein Verständnis von Zusammenhängen zu vermitteln, ohne die in der Gesellschaft kein funktionierendes Zusammenleben, keine demokratische Wissensgesellschaft möglich ist. Herausforderungen wie Klimawandel oder Coronakrise zeigen bzw. haben gezeigt, welches Leid ungenügendes Wissenschaftsverständnis verursacht.

Für diese pädagogische Herkulesaufgabe – mit digitalen Medien altersgerecht und zielgerichtet zu bilden – fehlt es sowohl an Erfahrungen als auch an verlässlichen Daten. Das Berzelius-Projekt an der PHSG setzt auf Hightech-Laborgeräte. Mit ihnen vermessen wir die Welt, indem wir der Natur im Experiment Fragen stellen.

### Zoobesuch mit Hightech-Augen

Szenenwechsel: Es geht mit meinem Sohn in den Zoo Zürich. Der Zehn-jäh-

rige hat wenige Tage zuvor zwei bildgebende Geräte des Berzelius-Projekts in meinem Büro entdeckt. Er wollte sofort damit experimentieren und hat mich überredet, die Highspeed- und Wärmebildkamera mitzunehmen. Besonders beschäftigte ihn die Frage, ob die getarnten Chamäleons in der Masoala-Halle mit der Wärmebildkamera schneller entdeckt werden können. Später hat er aus den Bildern und Videos einen Film geschnitten. Genau das sind die Absichten des Berzelius-Projekts: Fragen, experimentieren und präsentieren und das mit den erweiterten «Sinnen» und Möglichkeiten der Hightech-Geräte. Der Umgang mit diesen Techniken schärft das Bewusstsein und macht neugierig auf die Welt jenseits unserer Sinne. Dieser Zoobesuch war aktiver und intensiver als frühere. Was beim Zehn-jährigen ohne Zutun funktioniert, braucht bei älteren SchülerInnen auf Schulstufe Sek II Katalysatoren, wie modernste Hightech-Geräte oder multimediale Präsentationen, die dem Zeitgeist und den Mediengewohnheiten der Digital Nati-



Abb. 1: Blick aus der Zürcher Tramline 6: Sgraffitozeichnung von Berzelius an der Nordseite der Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH)

ves entsprechen: verblüffende Bilder, fetzige Musik und unglaubliche Inhalte, kurz: Sciencetainment.

### Jöns Jakob Berzelius

Während der Rückfahrt mit der Tramlinie 6 entdeckten wir am ETH-Gebäude eine Sgraffitozeichnung von Jöns Jakob Berzelius (s. Abb. 1) neben denen anderer Grössen wie Isaac Newton, Leonardo da Vinci oder Galileo Galilei. Seitdem ich im Projekt arbeite, stosse ich immer wieder auf ihn.

Berzelius, 1779 in Schweden geboren, entdeckte unter anderem die Elemente Cer, Selen sowie Thorium und stellte Silicium, Zirkonium, Titan, Tantal und Vanadium in reiner Form dar. Er bestimmte das relative Atomgewicht von 45 Elementen und führte die chemische Symbolsprache mit den Abkürzungen der lateinischen Elementnamen ein. Er entwickelte ein Modell der Elektrolyse mit positiven und negativen Teilchenladungen. Er ist Wortschöpfer solch wichtiger Begriffe wie Isomerie, Katalyse, Organische Chemie, Protein und Polymer.

Seine Lehrbücher beeinflussten Chemiker im 19. Jahrhundert massgebend. Trotz dieser Leistungen ist er wenig bekannt. Vermutlich war er ein bescheidener, weniger nach Macht als nach Erkenntnis strebender Mensch, der mit einfachsten Mitteln die Natur erforschte. Für seine Experimente entwickelte er Bechergläser, Glastrichter, Filterpapier, Kautschukschläuche, Spiritusbrenner, Wasserbad und Exsikkator. Aus unserem Hightech-Labor hätte man Berzelius weggerissen müssen, so hingerissen wäre er von Geräten und den Entwicklungen der letzten 175 Jahren gewesen.

Schulen und Lehrpersonen sind von Hightech-Mess- und Laborgeräten ebenso begeistert, doch ihr Budget lässt eine Anschaffung in vielen Fällen nicht zu. Das Berzelius-Projekt füllt mit seinen mobilen Geräten diese Lücken.

### Hightech-Gerätepark

Das Projekt bietet um die dreissig ausleihbare Hightech-Geräte, von Mikroskopen über Chromatographen bis hin zu diversen Spektrometern (s. Abb. 2).

Kleinere Geräte sind für den Transport in Kisten verpackt, grössere auf Transportwagen befestigt. Anleitungen zu Aufbau, Inbetriebnahme und Bedienung sowie einfache Experimentiermodule für den Einstieg in die Messmethodik liegen bei. Für wenig Geld können diese Gesamtpakete ausgeliehen werden. Für Maturaarbeiten ist die Ausleihe sogar kostenlos. Eine Übersicht des aktuellen Geräteparks sowie weitere Informationen zur Ausleihe sind auf der Homepage [www.berzelius.ch](http://www.berzelius.ch) zu finden.

Laborgeräte in grauen Kisten, nüchterne Beschriebe, Chemikalien und Einwegpipetten sind wenig sexy. Was noch fehlt ist das oben erwähnte Sciencetainment – unsere vibrierenden multimedialen Berzelius-Laborjournale (BLJs) mit gutem Storytelling und abwechslungsreichen Visualisierungen.

### Berzelius-Laborjournale

Um jedes Hightech-Gerät herum produziert ein kleines Team aus praxiserfahrenen Naturwissenschaftler-, Inge-

Projekt BERZELIUS  
 im Hightech-Labor der Naturwissenschaften  
 (Fortsetzung)

34

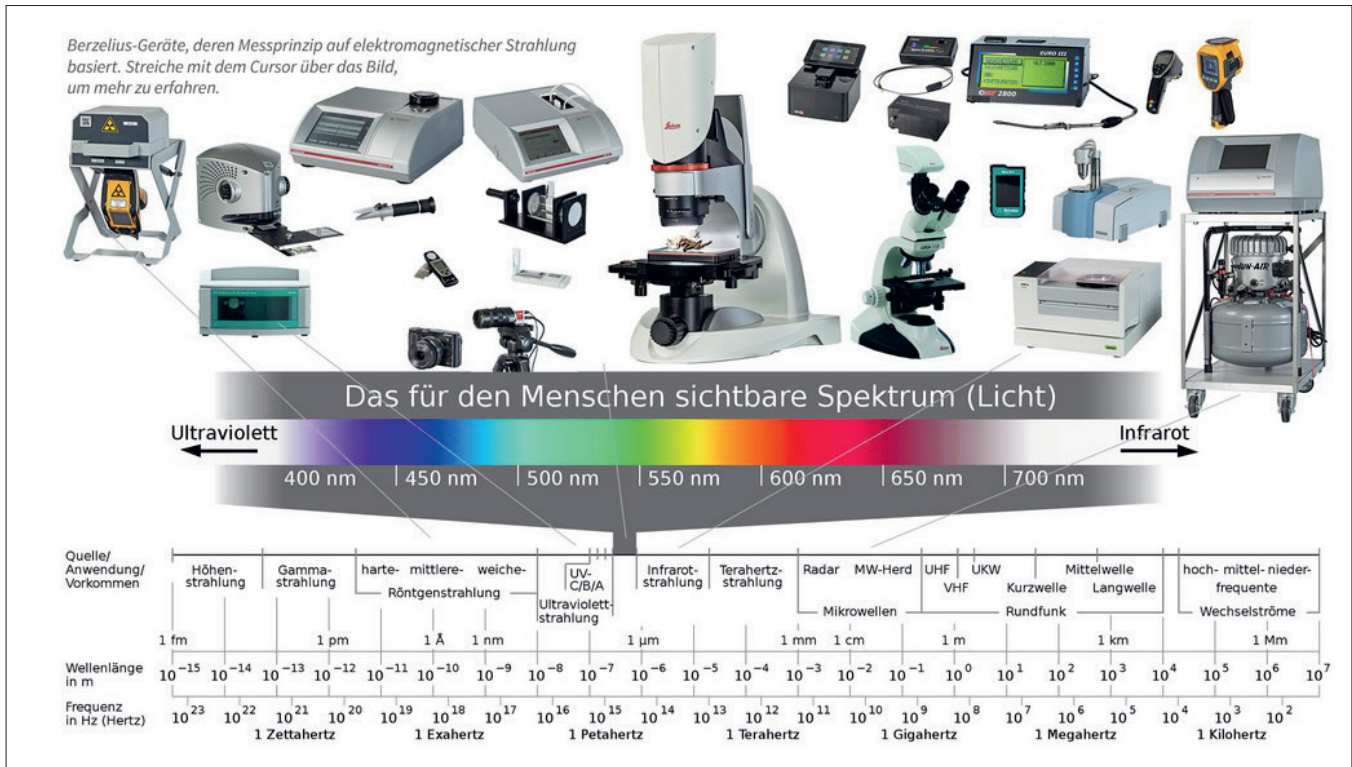


Abb. 2: Der Gerätepark des Berzelius-Projekts. Auszug aus dem multimedialen Berzelius-Laborjournal «PHOTOSPEKTROMETRIE – subjektiver Anschein versus objektive Messmethode» Informationen zu den einzelnen Geräten erscheinen dort interaktiv durch Anklicken.

neur-, Multimediaspezialist- und TexterInnen hochwertige Berzelius-Laborjournale, die lebendig und spielerisch daherkommen (s. Abb. 3). Sie verflechten Theorie und Praxis auf ideale Weise. Von ausgearbeiteten Unterrichtsmaterialien über Versuchsvorschläge bis hin zu Erklärvideos, Animationen und Podcasts sowie Interviews mit bedeutenden Persönlichkeiten ist alles darin enthalten. In ihren Themen sind die BLJs genauso grundlegend wie exotisch; behandeln den Umgang mit Messwerten wie auch die

Fehlerhaftigkeit unserer Sinneswahrnehmungen oder den Aufbau und die Funktion der Geräte. Inhaltlich abgeschlossen, nach den Regeln des Storytellings erzählt, didaktisch durchdacht, in den soziokulturellen und historischen Kontext integriert und mit Verweisen zu Philosophie, Literatur, Kunst, Geschichte, Biologie, Wirtschaft oder Gesellschaft versehen, unterstützen die BLJs Lehrpersonen. Nicht minder wichtig ist dabei die Variabilität eines jeden BLJs. Zahlreiche Exkurse und Erzählstränge eröffnen

Wahlmöglichkeiten und bieten so vielfältige Herangehensweisen. Besonderes Augenmerk liegt auf den Texten. Keine Wissenschaft ohne geschriebenes Wort. Die Exaktheit und Lesefreundlichkeit der Sprache ist massgebend für das Verstehen, besonders in der Wissenschaftskommunikation. Derzeit existieren sieben (Stand Mai 2023) BLJs mit unterschiedlichen didaktischen Schwerpunkten. Im Folgenden drei Beispiele mit verschiedenen Kompetenzschwerpunkten:

### *Technologiekompetenz im BLJ Ionenchromatographie*

Hier reisen wir durch die Bauteile eines Ionenchromatographen, von der Injektion über die Trennung bis hin zur Detektion. Mit Hilfe dieses BLJs kann jeder selbständig eine Messung durchführen und verstehen, was dabei auf molekularer Ebene passiert: von der Injektion über die Trennung bis hin zur Injektion. Darüber hinaus gibt es detaillierte Informationen zur Probenvorbereitung, dem Ansetzen des Fließmittels, dem Inbetriebnehmen des Ionenchromatographen, der Messung und Datenauswertung.

### *Wissenschaftskompetenz im BLJ Photometrie*

Photometrische Untersuchungen an Lichtquellen zeigen, dass Farben subjektive Illusionen sind und wie trügerisch unsere Sinne sind. Die weisse Bildschirmfläche eines Smartphones setzt sich eigentlich aus mikroskopisch kleinen «farbigen» Punkten zusammen. Aus solchen Täuschungen folgt, dass wir objektive Messverfahren benötigen, die uns mehr über die Welt verraten als die menschlichen Sinne. Die Untersuchung von Sternenlicht mit einem Photometer verrät dann die Zusammensetzung der Sterne und die in deren Inneren ablaufenden Reaktionen und führt zur Urknalltheorie, einem Ereignis, das vor rund 14 Milliarden Jahren stattgefunden haben könnte.

### *Datenkompetenz im BLJ Röntgenfluoreszenzspektroskopie*

Ein Knopfdruck und das Röntgenfluoreszenzanalysegerät zeigt auf tausendstel Prozent genau die Zusammensetzung einer Münze an. Ohne darüber nachzudenken, vertrauen wir den offensichtlich unsinnig genauen Messergebnissen, genauso wie den vielen Nachkommastellen eines Taschenrechnerresultats. Dieses Journal beinhaltet unter anderem eine weitverzweigte Reise zu den Themen Messfehler, statistische Auswertung, Kalibrierung und der daraus folgenden Messungenauigkeit. Schnell ist klar: Messwerte sind nichts Absolutes, sondern das Ergebnis menschlichen Handelns sowie zufälliger Umwelteinflüsse.

### **Das Hightech-Labor in der Praxis**

#### *Workshops*

Die bieten wir an, um das Projekt vorzustellen und den SchülerInnen ein erstes schnelles Experimentieren mit mehreren Geräten zu ermöglichen. Wenn der Funke überspringt, vergessen sie die Zeit und finden kein Ende. Ein anderes Mal können Workshop-TeilnehmerInnen nichts mit den Experimentiermodulen anfangen und langweilensich. Sie lesen keine Anleitungen und warten auf einen Animator, der durchs Programm führt.

Für Workshops ist eine gute Vorbereitung der SchülerInnen essentiell. Vorab ausgearbeitete Fragen und selbst mitgebrachte Proben animieren. Ist die in den Ferien gekaufte Kette

wirklich aus Gold? Wie ist die Qualität meines Lieblingsolivenöls? Besteht mein Smartphone-Bildschirm auch aus mikroskopisch kleinen roten, grünen und blauen LEDs? Das Lesen der Geräteanleitungen macht weniger Spass. Darum sind auf Workshops jene Geräte am beliebtesten, bei denen ohne Vorwissen einfach losgelegt werden kann. Genauso wie die Geräte, die sofort Bilder liefern und sich intuitiv bedienen lassen wie Highspeed- und Wärmebildkamera sowie Digitalmikroskop. Komplexere Methoden, wie die Mikrowellensynthese, beeindrucken, falls jemand vom Team dabei ist und hilft. Dann fasziniert es, wenn zwei stark riechende Edukte – z. B. Säure und Alkohol – sich innert Sekunden in einen wohlriechenden Ester verwandeln.

#### *Maturaarbeiten*

Hauptziel des Berzelius-Projektes ist es, die Hightech-Geräte für Maturaarbeiten zur Verfügung zu stellen. Das Team wartet die Geräte und organisiert den Transport zu den Schulen. Die betreuende Lehrperson sollte im Vorfeld die Machbarkeit und Sinnhaftigkeit des Vorhabens abklären. Auch die Betreuung der Arbeit obliegt der jeweiligen Schule. Selbstverständlich unterstützt und berät das Projektteam.

Unserer Erfahrung nach sind die Zielvorstellungen der angefragten Maturaarbeiten häufig unrealistisch. Es fehlt eine präzise und beantwortbare Fragestellung. Der Aufwand fürs Be-

## Projekt BERZELIUS im Hightech-Labor der Naturwissenschaften (Fortsetzung)

36

proben, die Probenvorbereitung und das Erarbeiten der Untersuchungsmethodik – z. B. das Isolieren und Aufkonzentrieren der Analyten, sowie das Erstellen von Kalibrierkurven – wird unterschätzt. Der Hauptfokus der Maturaarbeit liegt meist auf der Messung, die üblicherweise den geringsten Aufwand darstellt. Die Anstrengung steckt im Davor und Danach, in Probenvorbereitung inklusive Methodenentwicklung und Messwertinterpretation. Die Ergebnisse der Arbeiten können in Form von Videos, Podcasts, Animiergrafiken, Comics oder was auch immer in bestehende BLJs einfließen oder gleich ein Neues kreiert werden (s. Abb. 4). Auch dazu bietet das Projekt Zugang und Unterstützung zum multimedialen Storytelling-Werkzeug Pageflow ([www.pageflow.io](http://www.pageflow.io)). Es sind bereits einige, teilweise prämierte, Maturaarbeiten mit den BLJs verknüpft.

### *Praxisgerechter Unterricht*

Lehrpersonen haben, was den Einsatz unserer Hightech-Geräte in Unterricht oder für Maturaarbeiten angeht, zu erst Berührungängste. Es fehlt ihnen verständlicherweise an Praxis. Ihre gesamte Ausbildung und Karriere fand in der Regel ausschliesslich im geschützten Bildungskontext statt. Besonders in der Bildung der MINT-Fächer sollten aber verschiedenste Perspektiven eingenommen und praktische Erfahrungen weitergegeben werden können. Was wir im Berzelius-Projekt tun können, ist, Lehrpersonen dazu animie-

ren, ermutigen und zu unterstützen, sich gemeinsam mit ihren SchülerInnen auf die faszinierenden Hightech-Geräte zu stürzen und sich ins experimentelle Neuland zu begeben.

Man begreift nur, was man selbst machen kann, und man fasst nur, was man selbst hervorbringen kann, so schrieb es Goethe<sup>1</sup>. Zur gleichen Erkenntnis kamen auch andere Kulturkreise. Buddha wusste bereits vor mehr als 2500 Jahren, dass die Grundlage des kritischen Denkens nur die eigenen Erfahrungen sein können. Skifahren lernt man nicht aus Büchern oder aus Youtube-Videos oder dem Fernsehen, sondern durch Versuchen und Scheitern. Genauso funktionieren Lernen oder Wissenschaft. Man experimentiert und irrt auf dem Weg zur besseren Lösung. Oder anders ausgedrückt: Durch Versuch und Irrtum erfahren wir ja ständig, was wir noch nicht wussten, und verbessern unsere Annahmen in einem kumulativen Prozess, den wiederum niemand durchschaut, wie es der Philosoph Markus Gabriel ausdrückte<sup>2</sup>.

### **In statu nascendi und Visionen**

#### *Hightech-Escape-Räume*

Unsere Ideen und Visionen für das Berzelius-Projekt sind vielfältig und umfangreich. Um Gruppenarbeit, strategisches Denken und Spieltrieb zu befeuern, beabsichtigen wir, Workshops als «Escape Room» zu konzipieren, mit Rätseln, Aufgaben, Jokern und einem übergeordneten Storytelling. Erst wenn ein Team alle Proben

vermessen, die Messergebnisse richtig interpretiert und knifflige Fragen richtig beantwortet hat, ist der Code geknackt, um das Hightech-Labor der Naturwissenschaften wieder verlassen zu können.

#### *Ideen für Maturaarbeiten*

BLJs enden üblicherweise mit einer Ideensammlung, was mit dem vorgestellten Gerät im Rahmen einer Schülerarbeit erforscht werden könnte. Für alle Berzelius-Geräte erstellen wir zusätzlich eine Liste mit konkreten Maturaarbeitsthemen, die wir auf der Homepage unter den Rubriken Maturaarbeiten und ausleihbare Hightech-Geräte veröffentlichen und regelmässig mit neuen Ideen erweitern.

#### *Dreidimensionale Übersichten zu Geräten und Multimedia-Journalen*

Die multimedialen Inhalte des Projektes werden in digitalen dreidimensionalen Räumen zu einem Netz verwoben. Ein Spaziergang durch eine fiktive Forscherwelt animiert dazu, Geschichten rund um die Geräte zu entdecken. Das BLJ zum Handrefraktometer enthält beispielsweise Nebenerzählstränge zur Obstsortendefinition, zu Konzentrationsangaben, zur Geschichte der Logik, der Illusion der Erklärungstiefe, zum bizarren Wesen des Lichts oder der Einführung in die Quantenelektrodynamik (QED). Das vollautomatische Refraktometer erzählt von Zuckern, Zuckeralkoholen, Süsstoffen, Softdrinks und der Isomerie. Von dort ist es nicht weit zur opti-



Abb. 3: Das erste multimediale Berzelius-Laborjournal handelt von der Photospektroskopie und gibt auch einen Überblick über das Projekt und den Gerätepark.



Abb. 4: Die erste multimedial getunte Maturaarbeit handelt vom Mikroskopieren von Pantoffeltierchen (s. auch Artikel «Konkurrenz für Kongorot», Seite 28)

schen Aktivität, unserem Polarimeter usw. Die Videos, Podcasts, Texte, Interviews, Streitgespräche, Comics, Unterrichtsunterlagen, Bedienungsanleitungen und Maturaarbeiten ergeben bereits jetzt ein dichtes Wissensnetz.

#### Gerätespezifische Weiterbildungen

Für Berzelius-Maturaarbeiten an Gymnasien, Fach- und Berufsmittelschulen sollen interessierte Lehrpersonen informiert und geschult werden. Derzeit werden ganztägige, Einführungskurse angeboten, um einen Überblick der Geräte zu erhalten und den Spirit des Projekts kennen zu lernen. Zukünftig

wird es ein bedarfsgerechtes Schulungsangebot zu einzelnen Hightech-Geräten geben. Mikrowellensynthesegerät, Ionen- oder Gaschromatograph können nicht intuitiv bedient werden, sondern brauchen Schulung, Messgeschick und -erfahrung. Wir hoffen, unter der Lehrerschaft Paten und Patinnen für solche Geräte zu finden, die ihre Experimentiererfahrungen im Kollegium weitergeben wollen.

#### Konferenzaktivitäten

Wegen begrenzter Ressourcen konzentriert sich das Berzelius-Projekt auf die Ostschweiz. Gleichzeitig tragen wir

auf Konferenzen, Tagungen und mit unseren Partnern unser Konzept in die Welt hinaus. Damit zukünftig genügend naturwissenschaftlich gebildete Menschen da sind, um Politik, Wirtschaft und Gesellschaft nachhaltig zu formen.

#### Verzahnung mit Lehrplänen und Lehrmittelverlage

Auch ist eine Verzahnung des Berzelius-Projekts mit den Lehrplänen angedacht. Die multimedialen BLJs könnten über einen Lehrmittelverlag in die Schulen gebracht werden. Nicht zuletzt sollte das Projekt wissenschaftlich begleitet werden, um mit Fakten belegen zu können, wie die Jugend motiviert werden kann, die Umwelt zu erforschen. So wie sie das von Geburt an gemacht haben.

- 1 Goethe, J. W., Briefe. An Carl Friedrich Zelter, 28. März 1804
- 2 Gabriel, M. Der Mensch als Tier. Warum wir trotzdem nicht in die Natur passen, 2022

Projekt Berzelius  
<https://www.berzelius.ch>



Maturaarbeiten



Ausleihbare Geräte

