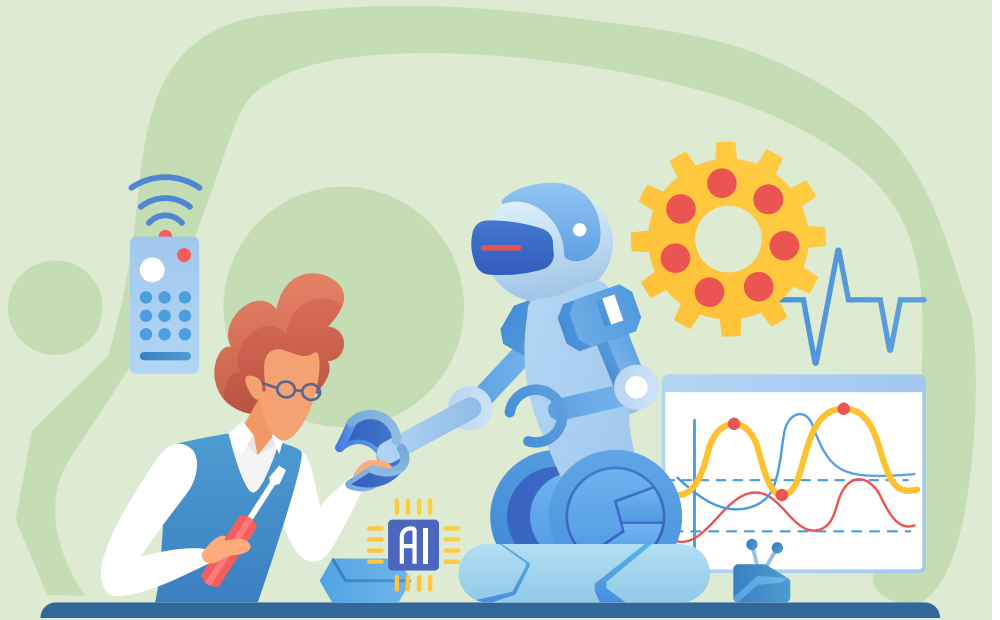


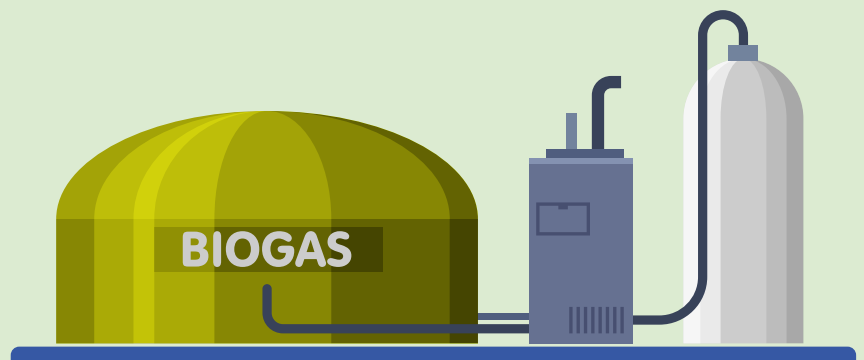
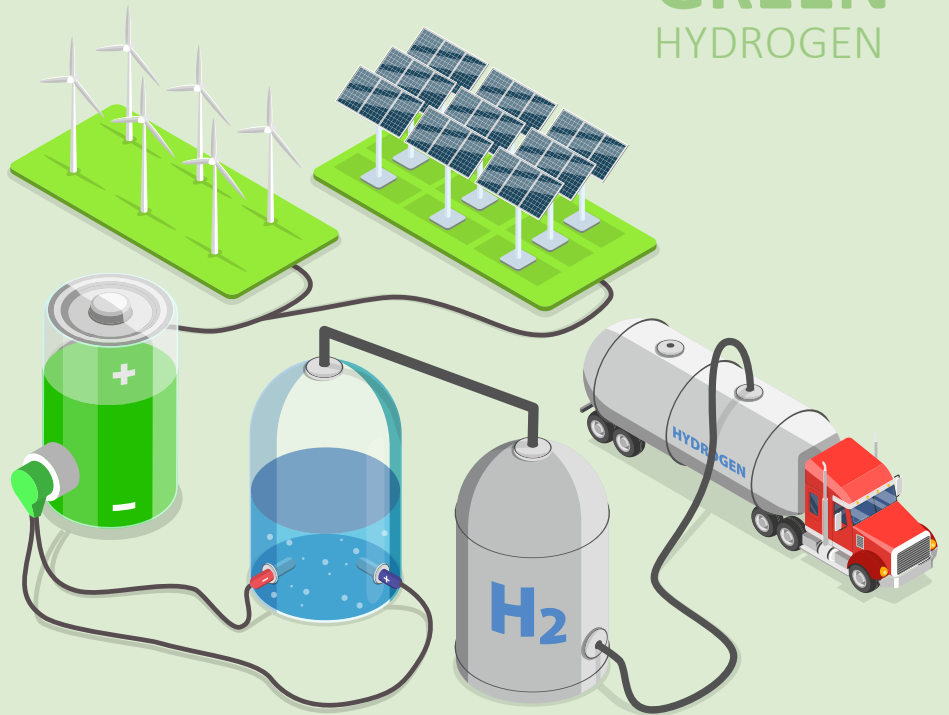
Nachhaltigkeit und Technik

Mit schülerzentrierten Angeboten den Ingenieurgeist wecken

SCHULE ENTWICKELN



GREEN
HYDROGEN



Willkommen beim nationalen Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC!

MINT-EC ist das nationale Excellence-Netzwerk von Schulen mit Sekundarstufe II und ausgeprägtem Profil in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT). Es wurde im Jahr 2000 von den Arbeitgebern gegründet und arbeitet eng mit deren regionalen Bildungsinitiativen zusammen. MINT-EC bietet ein breites Veranstaltungs- und Förderangebot für Schülerinnen und Schüler sowie Fortbildungen und fachlichen Austausch für Lehrkräfte und Schulleitungen. Das MINT-EC-Netzwerk steht seit 2009 unter der Schirmherrschaft der Kultusministerkonferenz der Länder (KMK).

Der Zugang zum MINT-EC-Netzwerk ist über ein bundesweit einmaliges Auswahlverfahren möglich, das Qualität und Quantität der MINT-Angebote der Schulen prüft und dabei höchste Standards ansetzt.

Die Ziele von MINT-EC sind

- Vernetzung exzellenter MINT-Schulen untereinander sowie mit Wirtschaft und Wissenschaft
- Aktive Förderung des MINT-Nachwuchses, Studien- und Berufsorientierung
- Förderung der qualitativen Schulentwicklung und die Anbindung des Fachunterrichts an den aktuellen Stand der Forschung
- Verdeutlichung der gesellschaftlichen Relevanz von MINT

In Kooperation mit Partnern aus Schule, Wirtschaft und Wissenschaft entwickeln wir innovative und bedarfsgerechte Maßnahmen und Angebote für unsere MINT-EC-Schulen.

Zur MINT-EC-Schriftenreihe:

Beiträge und Resultate aus den vielfältigen Aktivitäten des nationalen Excellence-Netzwerks MINT-EC und der Netzwerkschulen werden in dieser Schriftenreihe zusammengeführt und veröffentlicht.

In verschiedenen Themenclustern erarbeiten MINT-EC-Lehrkräfte und -Schulleitungen Schul- und Unterrichtskonzepte, entwickeln diese weiter und nehmen dabei Impulse aus Wissenschaft und Forschung sowie aus aktuellen Herausforderungen der schulischen Praxis auf.

Die MINT-EC-Schriftenreihe nimmt drei wesentliche Aktionsfelder in den Blick, denen die einzelnen Publikationen zugeordnet werden:

- Schule entwickeln
- Unterricht gestalten
- Talente fördern

Kommentare und Anregungen senden Sie gern an: schriftenreihe@mint-ec.de

Nachhaltigkeit und Technik

Mit schülerzentrierten Angeboten den Ingenieurgeist wecken

Vorwort

„Nachhaltigkeit und Technik – im Schulunterricht den Unternehmergeist wecken“

Bayern braucht eine fundierte und zielgerichtete MINT-Förderung, damit der Freistaat als Wirtschaftsstandort stark und wettbewerbsfähig bleibt. Angesichts von Digitalisierung, Dekarbonisierung und der demografischen Entwicklung nimmt die Fachkräftesicherung im MINT-Bereich für die Unternehmen hierzulande eine Schlüsselrolle ein. Für uns als bayerische Arbeitgeberverbände bayme vbm vbw ist klar: Die Transformation hin zur Nachhaltigkeit schaffen wir nur mit Innovationsgeist, kreativen Ideen und klugen Lösungen im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich. Was wir dafür brauchen, sind schlaue, mutige und engagierte Köpfe, die sich nicht scheuen, über den Tellerrand zu blicken.

Darum ist es wichtig, dass wir bei jungen Talenten die Technikbegeisterung früh wecken und sie dabei unterstützen, ihre Fähigkeiten über den gesamten Bildungsweg weiterzuentwickeln. Eine praxisnahe und am Arbeitsmarktbedarf ausgerichtete Berufs- und Studienorientierung ist hierfür unverzichtbar. Wir müssen den Jugendlichen helfen, ihre Talente zu erkennen und sie gleichzeitig darüber aufklären, wo der Arbeitsmarkt sie braucht. Im MINT-Bereich warten auf den Nachwuchs spannende und vielfältige Karriereperspektiven. Um unseren Arbeitskräfte- und Fachkräftebedarf decken zu können, müssen wir den Erwerb von technischen Fähigkeiten noch stärker im Bildungssystem verankern. Gleichzeitig müssen wir bei den Schülerinnen und Schülern den Zusammenhang von Ökologie, Ökonomie und Sozialem als Wissen vermitteln – im Klassenzimmer und außerhalb davon. Der Wettbewerb „Nachhaltigkeit und Technik“ setzt genau hier an.

Wir haben ihn im Rahmen des Kooperationsprojektes „MINT-Excellence an Gymnasien in Bayern“ gemeinsam mit dem nationalen Excellence-Netzwerk MINT-EC ins Leben gerufen und zeichnen in diesem Jahr drei besondere Projekte aus, die von insgesamt sechs MINT EC-Schulen umgesetzt wurden. Ziel dieses Regionalwettbewerbs ist es seit dem Start im Jahr 2021, die Bedeutung von Technik für nachhaltige Lösungen aufzuzeigen und so noch mehr junge Menschen für eine Karriere im MINT-Bereich zu gewinnen. Zudem weckt der Wettbewerb bei den Schülerinnen und Schülern Kreativität und die Begeisterung für das Unternehmertum. Denn sie entwickeln für den Wettbewerb eigene Projekte, die dann auch wirklich umgesetzt werden. Gleichzeitig förderte der Wettbewerb die Vernetzung der bayerischen MINT EC-Schulen, da Teams von jeweils zwei Schulen die Projekte gemeinsam im Tandem durchführen.

Die Schulen im bundesweiten MINT-EC Netzwerk zeichnen sich durch exzellente MINT-Bildung und Schulprogramme aus, die schon früh die Begeisterung junger Menschen für Technik wecken. Schülerinnen und Schüler profitieren von einem breiten Veranstaltungs- und Förderangebot. Mit Fortbildungen und als Forum zum fachlichen Austausch richtet sich MINT EC gleichzeitig auch an Lehrkräfte und Schulleitungen.

2013 startete die Excellence-Initiative von MINT-EC an Gymnasien in Bayern, die von bayme vbm vbw seit jeher als Hauptförderer unterstützt wird. Im Zuge des Projektes konnte die Zahl der bayerischen Gymnasien in diesem Netzwerk deutlich gesteigert werden, von anfangs sieben auf derzeit 64 Schulen. Wir engagieren uns aus Überzeugung für die Initiative, da sie die Förderung von MINT-Kompetenzen mit innovativen Projekten verbindet.

Bertram Brossardt, bayme vbm vbw Hauptgeschäftsführer

Einleitung

Nachhaltigkeit – im ökologischen, ökonomischen und sozialen Sinne – ist ein zentrales Zukunftsthema. Innovative Technik und neue Technologien werden der Schlüssel zur Erreichung der Klimaziele und zur Beibehaltung der Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland sein. Deshalb haben die Kooperationspartner MINT-EC und bayme vbm vbw 2021 beschlossen, die Bedeutung des Themas „Nachhaltigkeit und Technik“ im MINT-EC-Schulnetzwerk sichtbar zu machen. Zum Ende des Jahres 2021 wurde deshalb ein Schulkonzeptwettbewerb für die bayerischen MINT-EC-Schulen ausgeschrieben. Gleichzeitig sollte die (regionale) Vernetzung zwischen den MINT-EC-Schulen gefördert werden. Die Schulen wurden aufgefordert, gemeinsam mit einer weiteren Netzwerkschule ein innovatives Konzept für ein außercurriculares Angebot für Schüler*innen der Sekundarstufe II zum Thema „Nachhaltigkeit und Technik“ einzureichen.

Drei spannende Projekte wurden als förderwürdig ausgewählt und bei der Umsetzung unterstützt. In der hier vorliegenden Veröffentlichung werden die Projekte vorgestellt. Sie sollen Anregung sein für andere Schulen mit diesem für junge Menschen sehr lebensrelevanten Thema Schüler*innen einerseits für MINT zu motivieren und andererseits Gestaltungs- und Handlungskompetenz zu vermitteln.

Ausgewählt wurden:

- **A. „Herausforderungen durch die Energiewende – Nutzung von Biogas als ein Baustein für nachhaltige Lösungen“**
Dürer-Gymnasium Nürnberg, Martin-Behaim-Gymnasium Nürnberg
- **B. „HySociety – Kann Wasserstoff unsere Gesellschaft verändern?“**
Jakob-Fugger-Gymnasium Augsburg, Justus-von-Liebig-Gymnasium Neusäß
- **C. „Makeathon (Mülltrennsystem Better Bin, Smart Board Bot, Rucksack Evoscan)“**
Gymnasium Höchststadt, Deutsche Internationale Schule Washington D.C.

Die 3 vorgestellten Projekte waren sowohl im Ablauf als auch inhaltlich sehr unterschiedlich. In dieser Publikation finden Sie Informationen zu Projektidee, -ablauf, Herausforderungen und Resultaten. Lesen Sie und lassen Sie sich inspirieren.

MINT-EC, auch im Namen der Autor*innen

Inhaltsverzeichnis

- 8 Nutzungshinweise
- 9 **A. Herausforderungen durch die Energiewende –
Nutzung von Biogas als ein Baustein für
nachhaltige Lösungen**

Dürer-Gymnasium Nürnberg, Martin-Behaim-Gymnasium Nürnberg
von David Bauer und Wolfgang Dremel
- 20 **B. HySociety – Kann Wasserstoff unsere Gesellschaft
verändern?**

Jakob-Fugger-Gymnasium Augsburg, Justus-von-Liebig-Gymnasium Neusäß
von Benedikt Kirsch und Carlette Sandu
- 26 **C. Makeathon (Mülltrennsystem Better Bin, Smart
Board Bot, Rucksack Evoscan)**

Gymnasium Höchststadt, Deutsche Internationale Schule Washington D.C.
*von Achim Engelhardt, Steffi Colopy und
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Bernhard Kausler*
- 43 Anhang 1 – Quellenverzeichnis
- 44 Anhang 2 – Abbildungsverzeichnis
- 46 Impressum | Autor*innen
- 47 Copyright – Creative Commons (CC)
-

Nutzungshinweise

Screenshots, Quellen- und Urheberangaben, Nutzungsbedingungen

Einige Abbildungen in der Veröffentlichung zeigen **Screenshots** von Apps bzw. Websites. Diese werden im Sinne des Zitatrechts genutzt oder erfüllen die für einen urheberrechtlichen Schutz notwendige Schöpfungshöhe nicht.

Dort abgebildete Inhalte sind unter Umständen urheberrechtlich geschützt. Die freie Creative Commons Lizenz der Veröffentlichung erstreckt sich nicht auf diese.

Screenshots sind am Bild als solche gekennzeichnet und in **Anhang 2 –
Abbildungsverzeichnis** mit Quellen- und Urheberangaben gelistet.

Unter den Bildunterschriften der Screenshots finden Sie Quellenangaben zum Lizenzigentümer und der verwendeten App bzw. Website. Diese sind über den hinterlegten Link (fett gedruckt und unterstrichen) zu erreichen.

Legende

(Quelle: Lizenzigentümer, App/Website, Link zu den Nutzungshinweisen)

<u>Inhalt</u>	<u>A</u> <u>Biogas</u>	<u>B</u> <u>HySociety</u>	<u>C</u> <u>Makeathon</u>	<u>Anhänge</u>
---------------	------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------

A. Herausforderungen durch die Energiewende – Nutzung von Biogas als ein Baustein für nachhaltige Lösungen

- Dürer-Gymnasium Nürnberg
- Martin-Behaim-Gymnasium Nürnberg

Autor*innen

- David Bauer
- Wolfgang Dremel

Verlauf des Projektes

Mit dem Projekt „**Herausforderungen durch die Energiewende – Nutzung von Biogas als ein Baustein für nachhaltige Lösungen**“ konnten das Dürer-Gymnasium Nürnberg und das Martin-Behaim-Gymnasium im MINT-EC-Wettbewerb **“Nachhaltigkeit und Technik”** überzeugen und durften anschließend die Planungen in die Tat umsetzen.

Das am deutlichsten erkennbare Ziel war natürlich die Anfertigung einer funktionierenden Minibiogasanlage, die an der Langen Nacht der Wissenschaften am 21.10.2023 im Kinderprogramm präsentiert werden kann. Darüber hinaus war ein weiteres Ziel dieses Projekts, dass die teilnehmenden Schüler*innen einen deutlichen Kompetenzzuwachs erfahren, v.a. in den Bereichen ihrer praktischen Fertigkeiten, Planung von Projekten, Kooperation mit externen Partnern und das Erlangen von Fachwissen über die Funktion einer Biogasanlage. Des Weiteren sollten die Schüler*innen einen möglichst umfassenden Einblick in verschiedene Studiengänge der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm erhalten.

Für die Umsetzung wurde das Projekt in mehrere Phasen unterteilt, was diese sehr umfangreiche Unternehmung für alle Beteiligten greifbarer machte und nach dem Erreichen einzelner Meilensteine, also dem Abschluss einer Phase, bei den Schüler*innen für eine positive Stimmung sorgte.

Phase 1 – Themenfindung

Die Themenstellung **“Nachhaltigkeit und Technik”** ließ durch die sehr offene Aufgabenstellung den teilnehmenden Schulen einen großen Spielraum, was einerseits sehr angenehm war, allerdings auch bei der genauen Themenfindung eine gute Strategie benötigt.

Wichtige Kriterien waren die **“Einfachheit”** und Umsetzbarkeit des Themas, aber auch die Möglichkeit Schüler*innen inhaltlich, aber auch aus aktuellen Anlässen von der Thematik zu begeistern, sowie die Möglichkeit sich Unterstützung bei ortsansässigen externen Partnern zu holen, ohne deren kompetente Hilfe die Umsetzung solch umfangreicher Projekte schlicht unmöglich ist.

In unserer Situation war die Wahl auf das Thema Biogas bzw. das Erstellen einer Biogasanlage gefallen, da wir für unsere Schulen die oben genannten Punkte für erfüllt ansahen. Das Grundprinzip einer Biogasanlage ist aus biologisch/chemischer Sicht relativ einfach und wurde im Unterricht bereits thematisiert bzw. im Biologisch-chemischen Praktikum mit einfachsten Methoden nachgebaut. Auch gelang zwei Schülern des Dürer-Gymnasiums mit einer selbstgebauten Biogasanlage ein erster Platz im Regionalwettbewerb Jugend forscht.

All dies zeigt, dass die Thematik gut von Schüler*innen der Oberstufe bearbeitet werden kann, aber dennoch verbirgt sich genug Komplexität in der Thematik, v.a. im Bereich des Anlagenbaus, so dass das Thema durch eine größere Schüler*innen-Gruppe, professionelle Hilfe eines externen Partners und größere finanzielle Mittel auf die nächste Stufe gehoben werden kann.

Das Thema Biogas ist im Zuge der immer wichtiger werdenden alternativen Energiequellen natürlich auch ein brandaktuelles Thema, das für Schüler*innen grundsätzlich nicht neu ist, aber dennoch genug neue Informationen bereithält, um sie für lange Zeit zu interessieren. Mit der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm hatten wir einen starken externen Partner, der durch sein breites Angebot an Studiengängen in jeglicher Richtung unterstützen konnte.

Bei der Auswahl der betreuenden Lehrkräfte wurde darauf geachtet ein möglichst breites Spektrum an MINT-Fächern abzudecken, so dass die Schüler*innen in vielen Bereichen unterstützt werden konnten. So betreute Herr Dremel vom Martin-Behaim-Gymnasium mit der Fächerkombination Mathe und Physik, sowie Herr Bauer vom Dürer-Gymnasium mit der Fächerkombination Biologie und Chemie die Arbeitsgruppe.

Phase 2 – Schüler*innen-Rekrutierung

Bereits zu Beginn des Projekts war klar, dass es sich hierbei um eine zeitlich sehr umfangreiche Unternehmung handeln wird, welche schlussendlich von der ersten Planung bis zur Langen Nacht der Wissenschaft ca. zwei Jahre in Anspruch genommen hat.

Dementsprechend ergab sich folgendes Anforderungsprofil für die Schüler*innen:

- aus den Jahrgangsstufen 10 und 11, damit sie das Ende des Projekts noch in ihrer Schulzeit erfahren
- gute schulische Leistungen, damit durch den z.T. hohen zusätzlichen Zeitaufwand die Leistung nicht leidet
- motiviert, sich mit neuen, komplexen Zusammenhängen zu beschäftigen, auch über den “normalen” Unterricht hinaus
- Fähigkeit zur selbstständigen Arbeit und sehr gute Teamfähigkeit
- gute Fähigkeiten im Bereich Informatik bei einigen Schüler*innen (in unserem Projekt im Nachhinein sehr wichtig)

Die Schulen gingen bei der Rekrutierung unterschiedliche Wege, die aber beide zum Erfolg führten. Das Dürer-Gymnasium nutzte das interne MINT-Scouting, bei dem alle MINT-Lehrkräfte zweimal im Schuljahr alle Schüler*innen im jeweilig unterrichteten Fach im

Hinblick auf fachliche Kompetenz und Motivation beurteilen, so dass besonders fähige und interessierte Schüler*innen von den MINT-EC-Koordinatoren und der Schulleitung für passende Projekte und Wettbewerbe gezielt angesprochen werden können.

Das Martin-Behaim-Gymnasium machte es den Schüler*innen möglich, die Mitarbeit bei diesem Projekt als W-Seminar-Arbeit abzugeben, so dass die zeitliche Belastung der Schüler*innen etwas reduziert werden konnte und ihnen damit eine MINT-W-Seminararbeit ermöglicht wurde, welche für den Erwerb des MINT-EC-Zertifikats eine Voraussetzung ist.

Mit diesen Methoden konnte das Dürer-Gymnasium in der 10. Jahrgangsstufe eine Schülerin und sechs Schüler, sowie in der 11. Jahrgangsstufe vier Schülerinnen und einen Schüler werben. Das Martin-Behaim-Gymnasium konnte eine Schülerin und zwei Schüler aus der 10. Jahrgangsstufe für das Projekt gewinnen, da nur hier der Start mit der W-Seminararbeit möglich war.

Phase 3 – Informationen sammeln

Nachdem das Thema, eine Schüler*innen-Gruppe, sowie passende betreuende Lehrkräfte gefunden waren, musste sich die Gruppe mit der Theorie intensiv auseinandersetzen. Wenn das Ziel des Projekts so gestaltet werden soll, dass ein bereits bestehender Prozess auf einen kleinen Maßstab oder in Do It Yourself Stil umgesetzt werden soll, ist es unablässig, dass alle Schüler*innen umfassende Kenntnisse von der Thematik erlangen. Denn nur wenn der Prozess als Ganzes und die Bedeutung der einzelnen Teile umfassend verstanden wurde, ist es möglich eine Miniaturversion zu erzeugen, die aber dennoch funktionstüchtig ist. In unserem Beispiel mussten einmal die biochemischen Prozesse, aber v.a. auch die mechanisch/technischen Prozesse der Anlage als solches verstanden werden. Neben einer umfassenden Literaturrecherche konnte hier auch das erste Mal Technische Hochschule Nürnberg als externer Partner unterstützen. Herr Prof. Dr.-Ing. Thomas Metz mit dem Lehrgebiet Energie- und Umwelttechnik ermöglichte der Schüler*innen-Gruppe eine Vorlesung zum Thema Biogasanlagen zu besuchen in der die technischen Grundlagen der verschiedenen Anlagentypen thematisiert wurden. Zusätzlich betreute Herr Prof. Metz ein Projektierungsseminar, dessen Ziel es war komplexe großtechnische Verfahren in kleinem Maßstab umzusetzen. Eine dieser Studierendengruppen hatte das Ziel eine Biogasanlage in kleinerem Maßstab zu planen, die währenddessen als Mentor*innen für die Schüler*innen dienen sollten. Leider war der Respekt der Schüler*innen vor Masterstudierenden zu groß, so dass es zu relativ wenig Kontaktaufnahme kam. Neben diesem Theorieinput wurden im Zuge der Informationssammlung auch zwei Biogasanlagen der infra Fürth GmbH besucht. Die Schüler*innen erhielten dort Führungen durch den Anlagenkomplex und verantwortliche Techniker standen für Fragen zur Verfügung.



Abbildung A.01 Besuch einer Biogasanlage in Seukendorf

Phase 4 – Prototypvorbereitung

Mit dieser Phase sollte der praktische Teil des Projekts beginnen. Als Ziel wurde ausgegeben, dass ein möglichst funktionsreicher Prototyp einer BGA erstellt wird, so dass viele Ideen und Vorschläge der Schüler*innen auf ihre Umsetzbarkeit getestet werden können. Die TH Nürnberg spielte für das Gelingen dieser Phase eine absolut entscheidende Rolle, da zwei Studenten von Prof. Thomas Metz im Vorfeld eine Einführung in das Erstellen von Plänen und Probleme beim Anfertigen von Modellen gegeben haben. Zusätzlich stieß noch Herr Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Bernhard Kausler, eben falls von der TH Nürnberg, zum Team, der sehr große Erfahrung im Bereich Schülermakeathon mit sich brachte, von der wir sehr profitieren konnten.

In zwei Nachmittagsitzungen wurden nach Möglichkeiten detaillierte Baupläne und Skizzen erstellt und eine Bestellliste für das benötigte Material zusammengeschrieben. Dafür wurden die Schüler*innen nach ihren individuellen Stärken und Interessen in Kleingruppen aufgeteilt, so dass allen Personen klar wurde, dass sie persönlich mit ihren Fähigkeiten eine wichtige Leistung für das Gesamtteam und damit für das ganze Projekt beitragen konnten und mussten. Unabhängig vom individuellen Einsatz konnten alle Teilnehmer*innen die Schwierigkeiten bei der Planung eines Projekts hautnah miterleben und lernen, dass dafür eine gute Kommunikation zwischen den Gruppen, sowie akribisches Arbeiten nötig ist. Ebenso erkannten sie, dass das Projekt vollständig durchdacht sein muss, damit eine vollständige Materialeinkaufsliste erstellt werden kann. Eine weitere Erkenntnis war, dass der erste Anbieter für ein Bauteil nicht zwingend der Beste bzw. Günstigste sein muss.

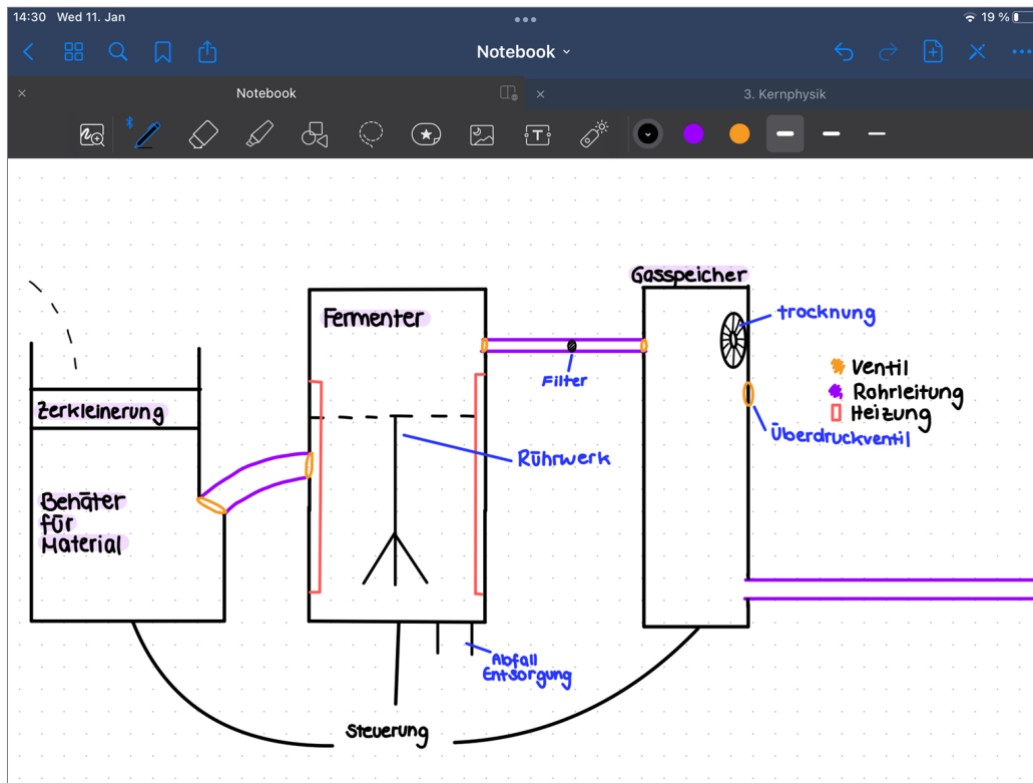


Abbildung A.02 Die erste Idee für unser Projekt

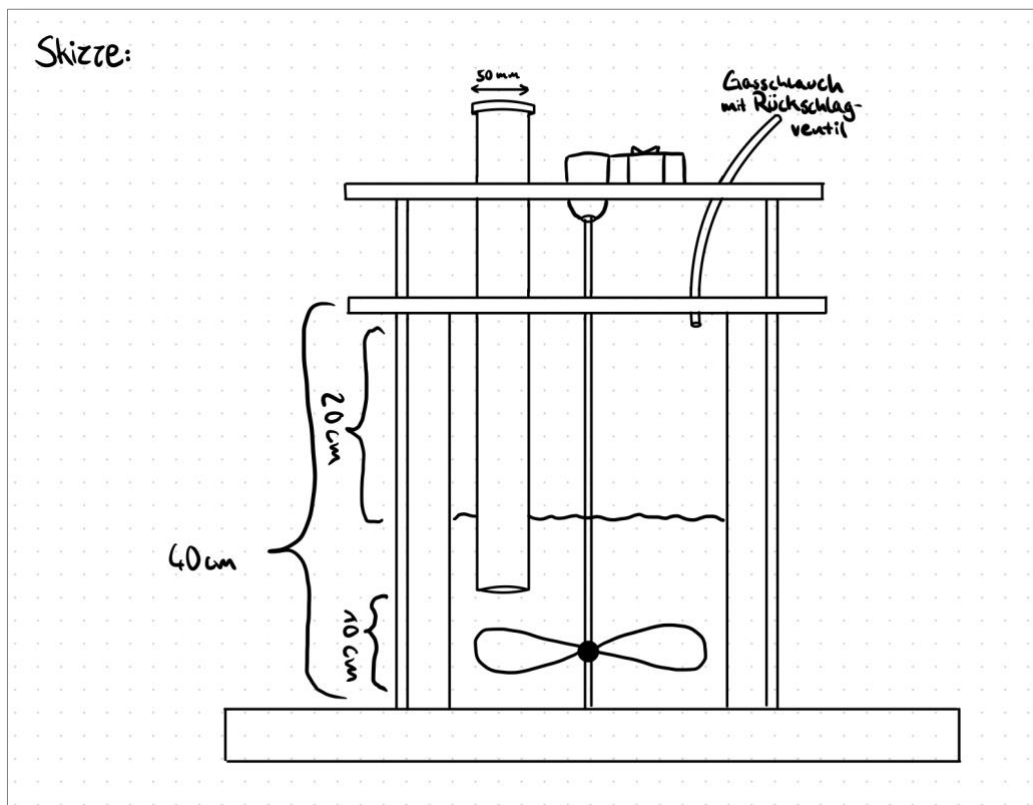


Abbildung A.03 Der erste Versuch eines Bauplans

Phase 5 – Prototypenbau

Für den Bau des Prototypen wurden wir in den CoWorking-Space der TH Nürnberg eingeladen. Hierbei handelt es sich um eine Art Schüler*innen-Labor, welches mit den in der Region verbreiteten Fab Labs vergleichbar ist. Durch die umfangreiche Ausstattung mit Werkzeugen, 3D-Druckern, Lasercutter etc. aber auch mit der Anwesenheit von gut ausgebildeten Studierenden, die uns jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen, war dies der perfekte Ort zur Realisierung des Prototyps. Innerhalb von zwei vollen, aufeinanderfolgenden Tagen wurde der Prototyp erstellt. Es hat sich gezeigt, dass die Entscheidung zwei volle Tage an der TH zu arbeiten sinnvoll war, da so eine konzentrierte Arbeit leichter möglich war. Neben vielen handwerklichen Fähigkeiten lernten die Schüler*innen bald, dass selbst gut durchdachte Pläne oft schnell und spontan verändert werden müssen, da bei der praktischen Umsetzung neue Probleme auftreten können.

Am Ende der beiden Tage war der Prototyp fertig gestellt und bestand aus einer Reaktionskammer mit Rührmechanismus, Gasauslass, Abflussventil, Schacht zur Befüllung der Anlage und Sensoren, für Temperatur, Druck und Methangehalt. Für die Beheizung sollte eine außen angebrachte Heizdecke sorgen.

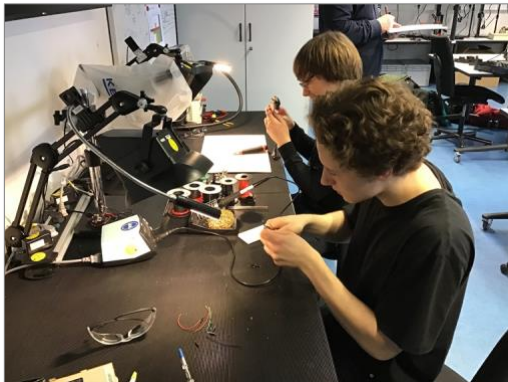


Abbildung A.04 Lötarbeiten



Abbildung A.05 Sensorenprogrammierung



Abbildung A.06 Teamwork beim Bau



Abbildung A.07 Besuch eines Filmteams
des bayerischen Rundfunks

Phase 6 – Inbetriebnahme und Fehlerevaluation

Einige Wochen nach dem Bau des Prototypen trafen sich alle Gruppen am Dürer-Gymnasium, um einen Testlauf zu wagen. Unter Aufsicht von Herrn Prof. Bernhard Kausler und eines Studenten wurde der Reaktor mit 10 Liter Bakterienmasse der infra Fürth GmbH sowie gut zerkleinerten Bioabfällen aus den Haushalten der Schüler*innen befüllt.

Aus dem Versuch konnte die Projektgruppe einige Erkenntnisse ziehen:

- Die Größe des Reaktors ist ausreichend.
- Die Sensoren arbeiten.
- Die Heizung ist zu schwach.
- Das Rührwerk bzw. der Motor reichen vermutlich nicht aus, um längere Zeit konstant zu arbeiten.
- Zu- und Abfluss sind unnötig, da das Befüllen und Entleeren besser über den Deckel funktioniert.
- Die ebene Form des Deckels und der Gasauslass verhindern ein gutes Entweichen des gewonnenen Biogases.

Auch wenn in diesen Prototypen einiges an Geld und Zeit geflossen ist, war dies ein wichtiger Schritt im Entstehungsprozess. Nur so konnten Fehler und Probleme gefunden werden, die bei der Planung noch nicht aufgefallen waren. Darüber hinaus entspricht dieses Vorgehen auch dem üblichen Ablauf in der Industrie, so dass die Schüler*innen hier wiederum einen Einblick in die spätere Arbeitswelt erhalten haben.



Abbildung A.08 Der fertige Prototyp wird in Betrieb genommen.

Phase 7 – Planung finale Anlage

Mit den Erkenntnissen aus der Inbetriebnahme des Prototyps wurden alle bisherigen Pläne neu überarbeitet und Verbesserungen eingefügt. Die Materialliste konnte an die neuen Anforderungen angepasst werden. Im Vergleich zur ersten Planungsphase konnte diese zweite Planung deutlich schneller von statten gehen, da die Schüler*innen mittlerweile deutlich routinierter in der Gesamthematik standen und reale bzw. mögliche Probleme deutlich schneller gelöst werden konnten.

Phase 8 – Bau der finalen Anlagen

Der Bau der finalen Anlage fand wieder in den Räumlichkeiten des Co Working Spaces der TH Nürnberg statt und wurde durch Studierende und Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Bernhard Kausler betreut. Es wurden wieder zwei ganze Tage Arbeitszeit angesetzt, obwohl dieses Mal zwei Anlagen, eine für jede Schule, gebaut werden sollten.

Die ursprünglichen Befürchtungen, zu wenig Zeit eingeplant zu haben, bewahrheiteten sich nicht, da die Schüler*innen mittlerweile handwerklich deutliche Fortschritte gemacht hatten und so viel schneller und geschickter arbeiten konnten. Es wurden folgende Änderungen in die BGA eingebaut:

- Der Reaktor erhielt einen gewölbten Deckel und einen selbst gedruckten, flachen Gasauslass.
- Die Heizung wurde über einen Tauchsieder nach innen verlagert.
- Befüllrohr und Flüssigkeitsauslass wurden entfernt.
- Das Rührwerk wurde vergrößert und durch eine Bohrmaschine angetrieben.



Abbildung A.09 Der verbesserte Reaktor

Phase 9 – Lange Nacht der Wissenschaften

Am 21.10.23 fand in der Nürnberger Region die Lange Nacht der Wissenschaften statt, an der beide Gymnasien ihre Anlagen den Besuchern des Kinderprogramms präsentierten.

Dazu wurde die BGA im Vorfeld wieder mit einer Mischung aus Bakterien der infra Fürth GmbH und Biomüllabfällen befüllt. Zusätzlich wurden noch erklärende Poster angefertigt, die die Funktionsweise der Anlage, aber auch die Bedeutung von Biogasanlagen im Allgemeinen aufzeigen sollen. Dabei musste auf eine einfache Sprache und niederschwellige Erklärungen geachtet werden, da die anwesenden Kinder im Alter von ca. 5 bis 13 Jahre waren.

Beide Gymnasien durften in den drei Stunden des Kinderprogramms ca. 250 Besucher*innen begrüßen, die reges Interesse an der arbeitenden Biogasanlage zeigten, aber auch den Erklärungen der Schüler*innen gespannt zuhörten. Beide Schulen hatten sich entschieden, neben ihren Biogasanlagen, ein Rahmenprogramm aus den Bereichen alternative Energien und MINT im Allgemeinen zu erstellen, so dass vor allem die kleinen Besucher*innen durch viele Mitmach-Versuche Naturwissenschaften und Technik erleben konnten.



Abbildung A.10 Präsentation der Ergebnisse an der Langen Nacht der Wissenschaften

Abschluss

Mit der Langen Nacht der Wissenschaften endete das nun fast ca. zwei Jahre dauernde Projekt, in dem alle Beteiligten viel gelernt haben und viele neue Verbindungen und Kontakte geknüpft wurden.

Auf Grund der sehr guten Zusammenarbeit zwischen Dürer-Gymnasium, Martin Behaim Gymnasium und der TH Nürnberg wird es im kommenden Jahr weiteres Makeathon-Projekt mit einer indischen Partnerschule geben. Ebenso konnten die MINT-Fachschaften der teilnehmenden Gymnasien von der Langen Nacht der Wissenschaften überzeugt werden, so dass beide Schulen auch künftig daran teilnehmen möchten. Für den Anlagenbau haben sich beide Schulen jeweils einen 3D-Drucker gekauft, der natürlich für kommende Projekte, Seminare und Wettbewerbe weitergenutzt werden kann, was ein sehr angenehmer Nebeneffekt des Projekts ist.

Für die teilnehmenden Schüler*innen war dieses Projekt eine einmalige Möglichkeit einen neuen außerschulischen Lernort kennen zu lernen und ihr Wissen und ihre Fähigkeiten auf eine neue und sehr praktische Art und Weise einzusetzen. Sie erfuhren ein großes Maß an Selbstwirksamkeit, da ihre Arbeit im Team und ihre Fähigkeiten immer wichtig waren und für den Erfolg des Gesamtprojekts entscheidend waren. Zusätzlich erhielten sie einen realistischen Einblick in das Studienleben an der TH Nürnberg.

Allerdings mussten auch einige Herausforderungen gemeistert werden. So war die zeitliche Organisation zwischen zwei Schulen und der TH auf Grund von Unterricht, schriftlichen Leistungsnachweisen der Oberstufe, anderen schulischen Projekten, Vorlesungszeiträumen und Studierendenpraktikas nicht immer leicht.

Die Suche nach außerschulischen Geldgebern und Partnern, die uns bei der Umsetzung der Pläne unterstützen, ist unserem Fall glücklicherweise sehr gut ausgegangen, gestaltete sich anfangs aber schwieriger als gedacht.

Abschließend kann man sagen, dass dieses Projekt sich für die beiden Schulen auf jeden Fall gelohnt hat, da die positiven Effekte die Unannehmlichkeiten deutlich überwiegen.

Die vielleicht wichtigste Lektion, die wir bei der Umsetzung gelernt haben, ist "agil bleiben". Derartige Großprojekte sind nicht von an Anfang bis Ende durchplanbar und nicht jeder Schritt kann zeitlich und inhaltlich im Vorfeld mit absoluter Präzision vorhergesagt werden. Man sollte auf jeden Fall einen Rahmenplan besitzen, aber dessen Ausgestaltung immer an die aktuellen Gegebenheiten und Situationen anpassen. Man muss immer die Augen nach Hilfe und Unterstützung offenhalten und mit einem möglichst breiten Netzwerk agieren.

Mit dieser Einstellung sehen wir uns auch künftig gut gewappnet kommende Projekte und Aktionen dieser Größenordnung umzusetzen.

<u>Inhalt</u>	<u>A</u> <u>Biogas</u>	<u>B</u> <u>HySociety</u>	<u>C</u> <u>Makeathon</u>	<u>Anhänge</u>
---------------	------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------

B. HySociety – Kann Wasserstoff unsere Gesellschaft verändern?

- Jakob-Fugger-Gymnasium Augsburg
- Justus-von-Liebig-Gymnasium Neusäß

Autor*innen

- Benedikt Kirsch
- Carlette Sandu

HySociety – Kann Wasserstoff unsere Gesellschaft verändern?



Abbildung B.01 Erste Folie der gemeinsamen Projekt-Präsentation

(Quelle: Microsoft Corporation, Inc., [Microsoft PowerPoint, Screenshot](#))

Mit der Projektidee “HySociety – Kann Wasserstoff unsere Gesellschaft verändern?” konnten das Justus-von-Liebig-Gymnasium Neusäß und das Jakob-Fugger-Gymnasium Augsburg gemeinsam die Fachjury des Wettbewerbs überzeugen und sich mit dieser Idee durchsetzen. Unter dem obigen Motto konnten zwei Gruppen aus jeweils ca. zehn Lernenden am Ende des Schuljahres 2021/22 starten. Die Auseinandersetzung mit dem Thema Wasserstoff als Energielieferant, aber auch der Bau von Brennstoffzellen-Modell-Fahrzeugen waren Ziele. Außerdem sollte ein Wettbewerb mit diesen Fahrzeugen stattfinden. Anschließend ging es um die Frage, wie Wasserstoff zum Transformieren unserer Gesellschaft beitragen kann: Was hat die Elektrolyse mit der nachhaltigen Gewinnung von sogenanntem grünem Wasserstoff zu tun und was versteht man unter grauem, blauen und türkisen Wasserstoff? Wo kommen aktuell Brennstoffzellen zum Einsatz? Welche Chancen bietet Wasserstoff als Energielieferant, auch bezüglich des Wirkungsgrades und der Kosten?

Ziel des Projektes war es dabei auch, für das Thema Wasserstoff in einem möglichst breiten Kreis der Schulgemeinschaft Begeisterung zu wecken. Dabei sollten auch ingenieurstechnische Fragestellung rund um dieses Thema nicht zu kurz kommen. Deswegen war uns auch eine enge Kooperation mit der Technischen Universität Augsburg sehr wichtig. Hier konnten wir auf bestehende Netzwerke zurückgreifen.

Vonseiten der Technischen Universität Augsburg wurden wir nicht nur mit vielen Informationen über verschiedene Studiengänge unterstützt. Wir konnten dankenswerterweise auch auf Kontakte zu verschiedenen Firmen in Augsburg zurückgreifen.

Um die Ziele zu verwirklichen, war es jedoch zunächst nötig, eine Projektgruppe an beiden Schulen zu etablieren. Dafür wurden an beiden Gymnasien Gruppen mit Lernenden aus der zehnten bzw. elften Jahrgangsstufe gebildet. Methodisch wurde am Jakob-Fugger-Gymnasium im Rahmen eines wöchentlichen 90-minütigen Wahlkurses vorgegangen. Dies sollte auf das in der Oberstufe stattfindende Projekt-Seminar vorbereiten.

Die erste Phase fand im Verlauf des zweiten Halbjahres des Schuljahres 2021/22 statt, wofür zunächst die Lehrkräfte ausgewählt wurden. Die beteiligten Lehrkräfte am Jakob-Fugger-Gymnasium waren Herr Haas, Herr Bethe und Herr Kirsch. Herr Haas mit den Fächern Mathematik und Physik war für die Einreichung und den Start des Projektes verantwortlich. Er fungierte in seiner Funktion als MINT-Koordinator auch während des gesamten Projektes als Ansprechpartner für die Projektgruppe, falls es übergeordnet organisatorische Fragen zu klären galt. Herr Bethe diente in seiner Funktion des Fachschaftsleiters Chemie und Biologie als schulinterner Experte für Fragen, die speziell seine Fächerkombination betrafen. Mit der konkreten Durchführung des Wahlkurses und der weiteren Projektplanung war Herr Kirsch betraut, der die Fächer Mathematik und Physik unterrichtet.

Ab September waren am Justus-von-Liebig-Gymnasium ebenfalls drei Lehrkräfte beteiligt, alle mit der Fächerkombination Mathematik und Physik: Frau Sandu, MINT-Koordinatorin, die zusammen mit Herrn Haas das Projekt eingereicht hatte, Frau Lohr und Herr Orthofer. Von Schulseite bestand die Projektgruppe aus acht Schüler*innen des Projekt-Seminars "Technische Berufe" (Leitung Frau Sandu) aus der elften sowie zwei naturwissenschaftlich begabten Schülern aus der zehnten Jahrgangsstufe. Wie am Jakob-Fugger-Gymnasium standen auch am Justus-von-Liebig-Gymnasium über den Projektzeitraum wöchentlich ebenfalls 90 Minuten zur Verfügung.

Da das Neusäßler Gymnasium am Ende des Schuljahres 2021/22 aufgrund der anstehenden Generalsanierung wochenlang mit dem Umzug in ein benachbartes Interimsgebäude beschäftigt war, verzögerte sich leider der gemeinsame Start des Projekts. Leider verlief der Umzug nicht reibungslos, so musste ein im Juli 2022 geplanter Besuch beim Gersthofener Wasserstoff-LKW-Hersteller Quantron AG durch die eingebundenen Lehrkräfte und Schüler*innen abgesagt werden.

Die zentralen Themen waren zum einen die Etablierung der Projektgruppen mit der Rekrutierung von geeigneten Schüler*innen, zum anderen musste im Hintergrund geklärt werden, wie ein Wettbewerb für wasserstoff-betriebene Fahrzeuge konkret durchgeführt werden konnte. Hier kam es zur ersten Herausforderung.

Es gibt durchaus kommerzielle Hersteller, die Wettbewerbe anbieten, allerdings werden hier Preise aufgerufen, die durch den Projektetat bei weitem nicht gedeckt werden können und wo unserer Meinung nach auch keine Verhältnismäßigkeit bezüglich des Nutzens gegeben war. Konkret haben wir uns hier mit dem H2 Grand Prix von Horizon Educational auseinandergesetzt. Als Alternative entschieden wir uns dann für Bausätze der Firma Fischertechnik (s. Abbildung B.02).

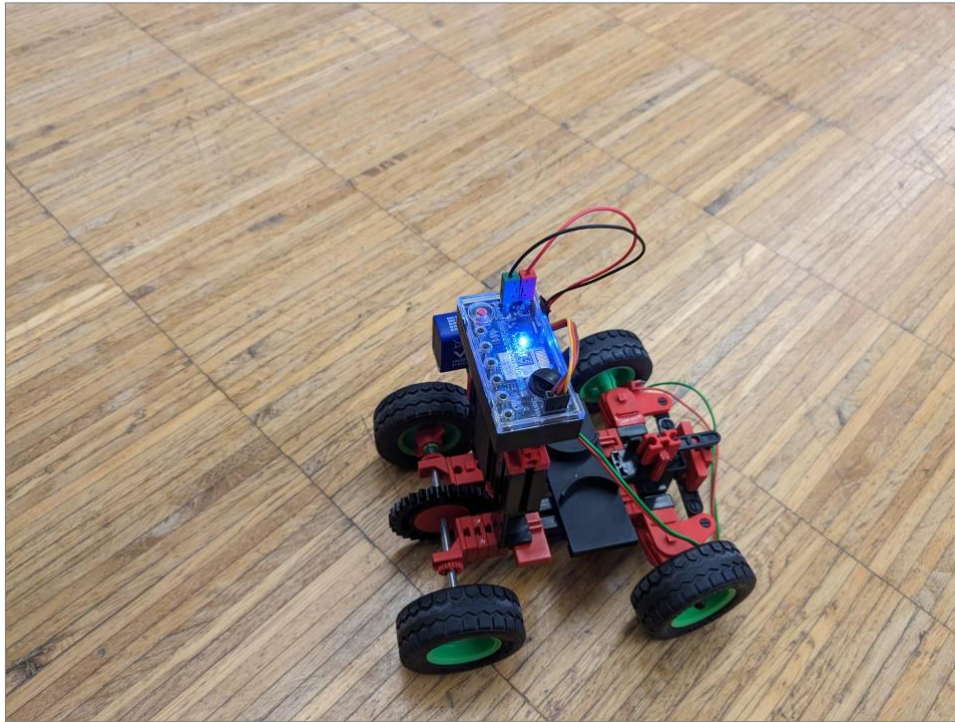


Abbildung B.02 Fahrzeug aus Fischertechnik

Diese lieferten die relevante Technik zu einem darstellbaren Preis. Ein weiterer Vorteil dieser war, dass den Schüler*innen Raum zur Optimierung aus ingenieurstechnischer Sicht gegeben wurde, da die Autos zwar fahren, aber wirklich nur sehr langsam. Parallel dazu wurden die Projektgruppen gebildet und erste Informationen erarbeitet. Da das Thema Wasserstoff kein genuines Lehrplankapitel ist, mussten die Lehrkräfte zunächst den fachlichen Grundstein legen, sodass die Schüler*innen übernehmen und sich die weiteren Informationen selbstständig erarbeiten konnten. Im Herbst 2022 starteten wir in die konkrete Projektdurchführung. Hier lief das Thema zweigleisig.

Der Wettbewerb sollte vorbereitet werden, aber auch die Auseinandersetzung mit dem Thema an sich nicht zu kurz kommen. Um Zweiteres umzusetzen, sollte der verschobene Besuch bei der Firma Quantron AG nachgeholt werden. Leider hatte die Firma inzwischen einen Großauftrag erhalten, weswegen es zu einem erneuten kurzfristigen Ausfall kam. Im Anschluss waren die Kapazitäten der Firma leider fortwährend gebunden. Dies hat uns aber dahingehend bestärkt, dass das Thema offensichtlich sehr aktuell ist.

Zeitgleich fiel auch die Entscheidung, die Durchführung der Wettbewerbe an den beiden Schulen vor Ort umzusetzen, da dann auch beide Schulfamilien direkt beteiligt werden konnten. Der Fokus lag aber zunächst auf dem Bau und der Optimierung der Wasserstoffautos an den Schulen vor Ort. Die Autos waren schnell fahrtüchtig, aber nicht besonders schnell und nicht steuerbar. Deshalb wurden sie an beiden Schulen nachträglich mit Funk-Fernbedienungen ausgestattet, was die Fahrzeuge aber schwerer und langsamer werden ließ, wobei sich einige Teilnehmer*innen ehrgeizig der weiteren Verbesserung widmeten.

Ende November 2022 fand mit dem Besuch an der Technischen Hochschule Augsburg ein erstes Highlight statt. Professor Rommel, der schon seit einigen Jahren mit dem Jakob-Fugger-Gymnasium zusammenarbeitet, hat uns eingeladen. Dort erhielten die Schüler*innen von beiden Gymnasien zunächst einen Einblick in die verschiedenen Studiengänge der Technischen Hochschule Augsburg, die damals noch Hochschule für angewandte Wissenschaften hieß. Im Anschluss erwartete die Gruppe eine Laborführung, die einen guten Einblick in die Breite des Themas, aber auch die konkreten Projekte vor Ort gab.

Die durchgeführten Wettbewerbe (am 01.03.2023 am Fugger-Gymnasium, am 14.03.2023 am Justus-von-Liebig-Gymnasium) boten eine hervorragende Gelegenheit, das Thema und die erarbeiteten Inhalte einem breiten ausgewählten Publikum der Jahrgangsstufen 5-10 zu präsentieren. (s. Abbildung B1.03)



Abbildung B.03 Fahrzeug in Aktion

Alle Projektteilnehmer waren an den Vorträgen beteiligt, die Zuschauer erwiesen sich als interessiert und stellten viele Fragen. Jedes Team konnte in einigen Runden als Sieger hervorgehen, sodass das Gesamtergebnis als recht ausgeglichen betrachtet werden kann.

Der gemeinsame Unternehmensbesuch am 18.04.2023 beim Wasserstoffexperten H-TEC SYSTEMS Augsburg war das absolute Highlight. Modernste Wasserstofftechnologie, verständlich erklärt anhand der dort hergestellten Elektrolyseanlagen für die industrielle Produktion von grünem Wasserstoff – die Schüler*innen berichteten begeistert vom erfahrenen Wissenszuwachs!

Die Projektgruppe am Justus-von-Liebig-Gymnasium kam am 24.04.2023 noch in den Genuss eines Expertenvortrags „Stationäre Wasserstoffanwendungen bei Faurecia“, wobei Referenten unseres Schulpartner-Unternehmens die neuesten Entwicklungen bei der Produktion von Containern zur Wasserstoffspeicherung vorstellten. Die Referenten zeigten sich positiv überrascht von den Vorschlägen, die von Schülerseite zur Optimierung des Wirkungsgrades der Anlagen gebracht wurden. Aufgrund der Kurzfristigkeit der Zusage seitens Faurecia konnte das Fugger-Gymnasium nicht an der Aktion teilnehmen.

Die Koordination der Termine beider Schulgemeinschaften erwies sich insgesamt als beachtliche Herausforderung.

Abschließend kann man festhalten, dass nicht nur die Lernenden einiges für ihren weiteren Lebensweg mitnehmen konnten, auch die Verantwortlichen an den Schulen hatten einige “learned lessons”. Dennoch oder gerade deswegen war das Projekt aber definitiv ein Erfolg. Die teilnehmenden Schüler*innen konnten im Verlauf des Projektes auch wie gewünscht ihre eigenen Akzente setzen und waren daher gut eingebunden.

Zudem ist festzuhalten, dass Dank der Förderung durch die im Wettbewerb vergebenen Mittel die Schulen keinen finanziellen Aufwand zu tragen hatten. Der zeitliche Aufwand für die handelnden Personen ging über die im Rahmen des Wahlkurses (bzw. des Projekt-Seminars) vergebenen Stunden hinaus, waren aber in einem vertretbaren Rahmen, sodass eine Durchführung absolut empfohlen werden kann. Mit den gewonnenen Erfahrungen kann der Aufwand aber sicher ökonomisiert werden. Die Autos samt Ladeinfrastruktur stehen den Schulgemeinschaften nachhaltig zur Verfügung.

Am Justus-von-Liebig-Gymnasium werden das Auto und die erarbeiteten Präsentationen im Unterricht der Forscherklasse in der fünften Jahrgangsstufe eingesetzt, um eine erste vertiefte Auseinandersetzung mit der aktuellen Wasserstoff-Thematik zu gewährleisten. Eine Idee, die am Jakob-Fugger-Gymnasium gerne aufgegriffen wird. Das nächste Projekt der Gruppe am Jakob-Fugger-Gymnasium steht schon fest. Es steht der Bau eines Solar-Car-Port an, in dem das Auto mit grüner Energie geladen und damit CO₂-frei betrieben werden kann. Denn Wasserstoff ist sicher nicht die Lösung aller unserer Energieprobleme, aber er kann unsere Gesellschaft hin zu einer grünen Zukunft durchaus mitverändern.

<u>Inhalt</u>	<u>A</u> <u>Biogas</u>	<u>B</u> <u>HySociety</u>	<u>C</u> <u>Makeathon</u>	<u>Anhänge</u>
---------------	------------------------	---------------------------	---------------------------	----------------

C. Makeathon (Mülltrennsystem Better Bin, Smart Board Bot, Rucksack Evoscan)

- **Gymnasium Höchstadt**
- **Deutsche Internationale Schule Washington D.C.**

Autor*innen

- Achim Engelhardt
- Steffi Colopy
- Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Bernhard Kausler

Unter einem **Makeathon**, zusammengesetzt aus dem Englischen „to make“ (machen) und „Marathon“, versteht man eine Projektarbeit, in deren Verlauf eine Idee/Erfindung bis hin zum funktionierenden Prototyp realisiert wird. Dieses Ausbildungskonzept soll Schülerinnen und Schülern den kreativen Entwicklungsprozess für technische Lösungen näherbringen.

Mit der Unterstützung durch Coaches aus Industrie und Hochschule werden Ideen der Schüler*innen in Teamarbeit umgesetzt. Das Besondere an einem Makeathon ist, dass auch die Lehrkräfte und Coaches zu Beginn das Ergebnis nicht kennen, da sie die Aufgabe selbst noch nicht definiert und gelöst haben. Von der Idee bis hin zur Umsetzung und Präsentation der Prototypen werden die Nachwuchstalente begleitet und gefördert. Zusätzlich werden sie geschult, wie man einen Business-Plan erstellt, um die realisierten Produkte dann eventuell auch auf dem Markt platzieren zu können.

Der Makeathon wurde zusammen mit 21 Schüler*innen des Gymnasiums Höchststadt und der Deutschen Internationalen Schule Washington D.C. im Zeitraum von November 2021 bis November 2022 durchgeführt.

Die drei dabei entstandenen Projekte bieten Lösungen für Alltagsprobleme und funktionieren tatsächlich:

▪ **BetterBin – ein intelligentes Mülltrennsystem**

Der BetterBin ist ein praktischer und selbstsortierender Mülleimer, der in erster Linie der Fehlervermeidung bei der Mülltrennung dient. Der eingeworfene Müll wird mithilfe künstlicher Intelligenz (=KI) erkannt und dann richtig sortiert. Diverse Sensoren und deren softwaretechnische Einbindung waren ebenso nötig wie die nicht einfache technische Umsetzung des selbstfahrenden Müllkorbs. Nach der Erkennung des Mülls (Restmüll, Papier, Kunststoff) sollte dieser in die dafür vorgesehenen Behälter transportiert werden. Anwendungsbereiche sind nicht nur im Haushalt, sondern auch in der Öffentlichkeit, wie z. B. auf Bahnhöfen oder an Straßen denkbar.

Je nach Region und regionalen Vorschriften ließe sich der „BetterBin“ so vorkonfigurieren, dass gewünschte Trennungen leicht realisierbar sind. Sobald die Behälter voll sind, soll der für die Leerung Verantwortliche eine entsprechende Meldung auf sein Handy erhalten.

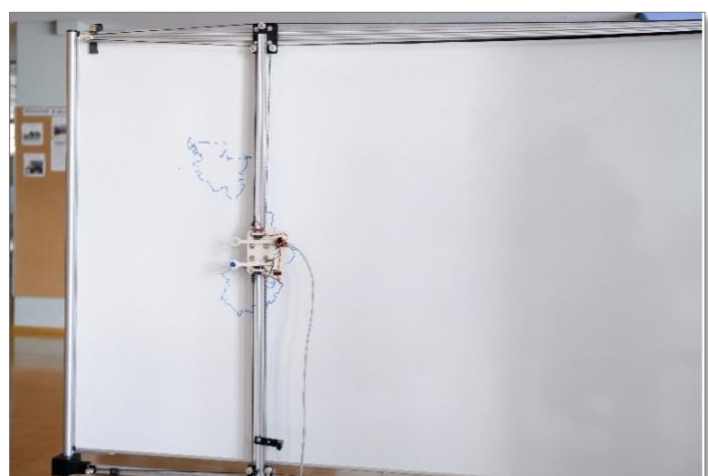
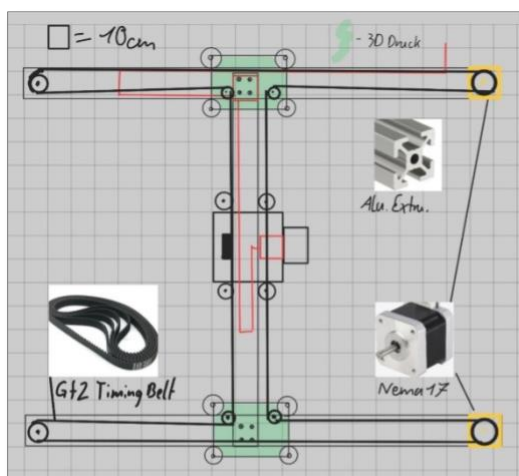


Abbildungen C.01, C.02 Der BetterBin als Modellentwurf (links) und die tatsächliche Umsetzung (rechts)

▪ **Smart Board Bot – eine günstige SmartBoard-Alternative**

Nicht alle Schulen sind durchgehend mit technisch aufwendigen und teuren Smartboards ausgestattet. Anstatt der herkömmlichen Kreide-Tafel werden zum Beispiel in den Vereinigten Staaten oft kostengünstigere Whiteboards benutzt. Dazu passt die Erfindung des Smart Board Bots, einer preiswerten und leicht montierbaren Konstruktion zur Digitalisierung von Tafelanschriften. Durch Bilderkennung, -speicherung und -kombination sowie Dateikonvertierung sollen Tafelanschriften digitalisiert und gleich an die Schüler verschickt werden können. Besonders in Zeiten des Online-Learning könnte das eine effektives und zeitsparendes Arbeitsmittel sein. Im Idealfall soll der Board Bot die Tafel auch gleich noch reinigen oder voreingespeicherte Strukturen, wie z.B.

Koordinatensysteme, Karten, etc. selbst mit einem Stift zeichnen können. Die aufwändige Programmierung steht als open source Quelle allen Interessenten zur Verfügung.

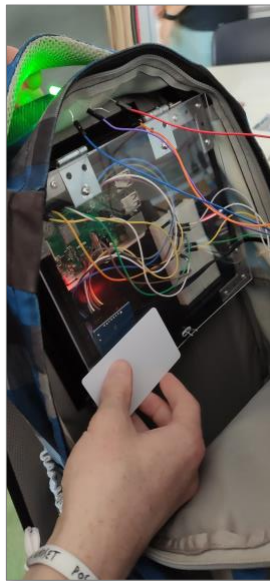


Abbildungen C.03, C.04 Der Smart Board Bot als technischer Entwurf (links) und seine erste Umsetzung (rechts)

▪ **EvoScan – ein smarterer Rucksack**

Immer wieder beklagen Ärzte, dass die Schultaschen der Kinder viel zu schwer für deren Körpergröße seien und dadurch Haltungsschäden verursachen könnten. Häufiger haben Schülerinnen und Schüler zudem Probleme, sich für den kommenden Schultag sinnvoll zu organisieren. Ein intelligenter Rucksack soll Abhilfe schaffen. Dank der weit verbreiteten Digitalisierung der Stundenpläne kann der EvoScan-Rucksack über einen eingebauten Mini-Computer täglich aktuelle Informationen dazu bekommen, was der Schüler oder die Schülerin gerade im Unterricht benötigt. Über Sensoren werden mit Chips versehene Bücher und Unterrichtsmaterialien eingescannt und mit dem digitalen Stundenplan per Handy abgeglichen. Durch verschiedenfarbige LED-Leuchten wird dem Besitzer oder der Besitzerin angezeigt, ob sein/ihr Rucksack richtig und fertig gepackt ist. Das System wird im Idealfall komplett nachhaltig durch Solar-Energie betrieben und besitzt zusätzlich einen Anschluss, um mit überschüssiger Energie das Handy aufzuladen. Diese Erfindung könnte in vielen Familien zur Entlastung der Morgenroutine führen und besonders jüngeren Kindern eine große Hilfe bei der Selbstorganisation sein.

Mit Unterstützung eines Patentanwalts wurde für das Projekt EvoScan ein Patent beantragt.



Abbildungen C.05, C.06 Erster Prototyp des EvoScan (links) und Entwicklung der Software (rechts)

C. Makeathon
(Mülltrennsystem Better Bin, Smart Board Bot, Rucksack Evoscan)

Zur Durchführung des Projekts waren neben den beiden teilnehmenden Schulen folgende Partner in das Projekt involviert:

- Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
 - Gesamtkonzeption
 - Fachliche Begleitung
 - Impulsvorträge
- Rotary Club Höchststadt
 - Finanzielle Unterstützung
 - Abschlusspräsentationen
- ITQ / Stiftung Technik macht Spaß!
 - Fachliche Begleitung
 - Erstellung von Videos zur Dokumentation
- 6 Coaches des Makeathons 2019
 - Technische Unterstützung der Teams
- Technik ohne Grenzen
 - Impulsvorträge



Abbildungen C.07 Unterstützer des Makeathons 2021/22

Verlauf des Projektes

Der Makeathon wurde im Zeitraum von November 2021 bis November 2022 in 3 Phasen durchgeführt:

Phase 1 – Ideenfindung

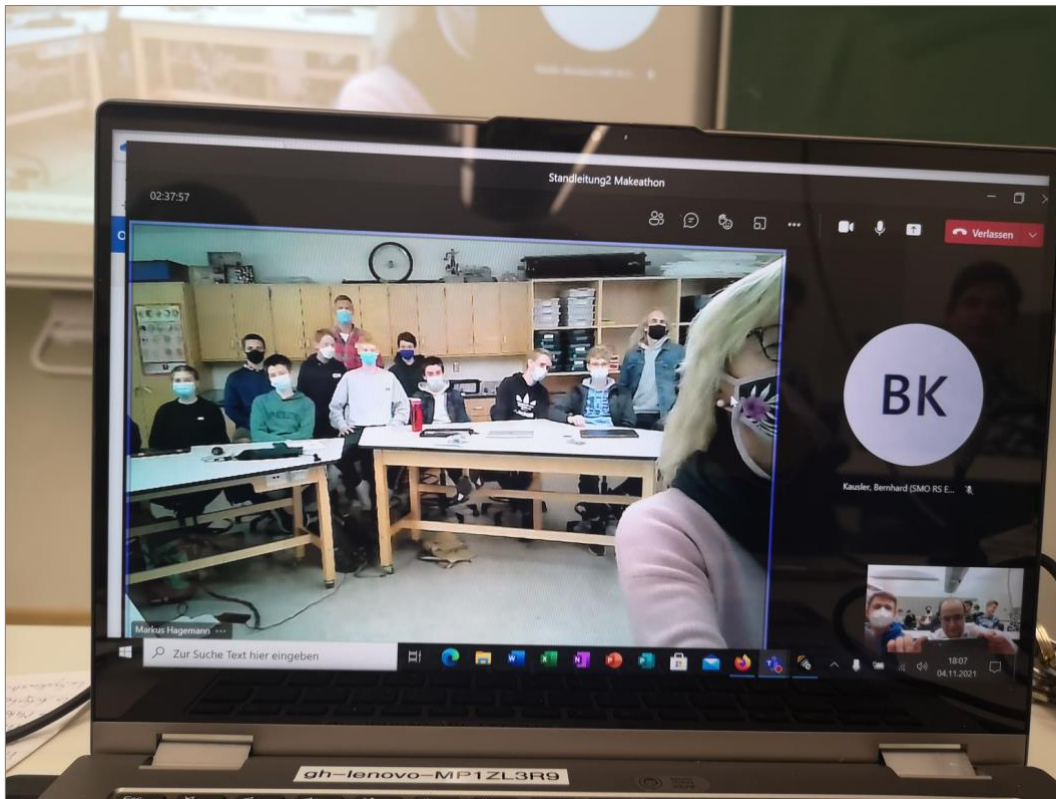
Die erste Phase fand in der Woche vom 30.10. – 05.11.2021 statt. In Washington D.C. fiel dieser Zeitraum in die reguläre Unterrichtsphase, in Höchststadt waren zu dieser Zeit Herbstferien. Die Durchführung erfolgte online via Web-Meetings. Die Treffen fanden aufgrund der Zeitverschiebung täglich von 14:00 – 19:00 Uhr MEZ bzw. 08:00 – 13:00 Uhr in Washington D.C. statt. Wichtig war uns, dass sich die Schüler*innen trotz der räumlichen Trennung z.B. mithilfe von Online-Kennenlernspielen zunächst miteinander bekannt machten. Anschließend haben alle Schüler*innen in Zweiertteams – jeweils ein Schüler oder eine Schülerin aus Washington D.C. und eine/r aus Höchststadt – Vorstellungsvideos erstellt, welche dann im Plenum gemeinsam angesehen wurden.

Auf Basis eines Vortrags zum Thema „Innovation und Kreativitätstechniken“ durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Bernhard Kausler startete die Phase der Ideengenerierung. Unter Anwendung der Methode 6-3-5 (siehe Quelle im [Anhang 1](#), Bernd Rohrbach) entwickelten die Schüler*innen insgesamt mehr als 50 Projektideen. Der Vorteil dieser stillen Brainstormingmethode ist eine sofortige schriftliche Dokumentation der Ideen, die jede(r) Teilnehmer(in) in Ruhe und ohne äußeren Druck einbringen kann.

Im Anschluss ging es nun darum, die Ideen bzgl. ihres Innovationspotentials und ihrer Umsetzbarkeit zu bewerten, um so die besten Einfälle zu identifizieren. Letztlich wurden drei Ideen ausgewählt, welche in Teams von jeweils 7 Schüler*innen bearbeitet wurden. Bei der Zusammensetzung der Teams wurde darauf geachtet, dass diese jeweils zur Hälfte mit Schüler*innen aus beiden Schulen besetzt waren.

In den jeweiligen Teams wurden nun die Ideen weiter konkretisiert und der jeweilige Nutzen diskutiert. Auf Basis einer Einführung zur System- und Funktionsstruktur wurden die Ideen weiter strukturiert verfeinert. Als nächstes wurden organisatorische und fachliche Rollen identifiziert und den Teammitgliedern zugewiesen. Am Ende der ersten Woche lagen erste ausführliche Beschreibungen der zu entwickelnden Prototypen vor.

In weiteren Projekttreffen im Zeitraum von November 2021 bis März 2022 wurden alle Teile, die zum Bau der Prototypen notwendig waren durch die Schüler*innen identifiziert und durch die Betreuer besorgt. Zudem gab es für die Teilnehmer*innen die Möglichkeit, sich auf die technischen Entwicklungsaufgaben vorzubereiten. So konnten sie sich beispielsweise in die Software-Entwicklung oder in die mechanische Konstruktion und 3D-Druck einarbeiten. Einige Schüler*innen erstellten eine eigene Homepage zum Projekt incl. der Präsentation ihrer Ideen.

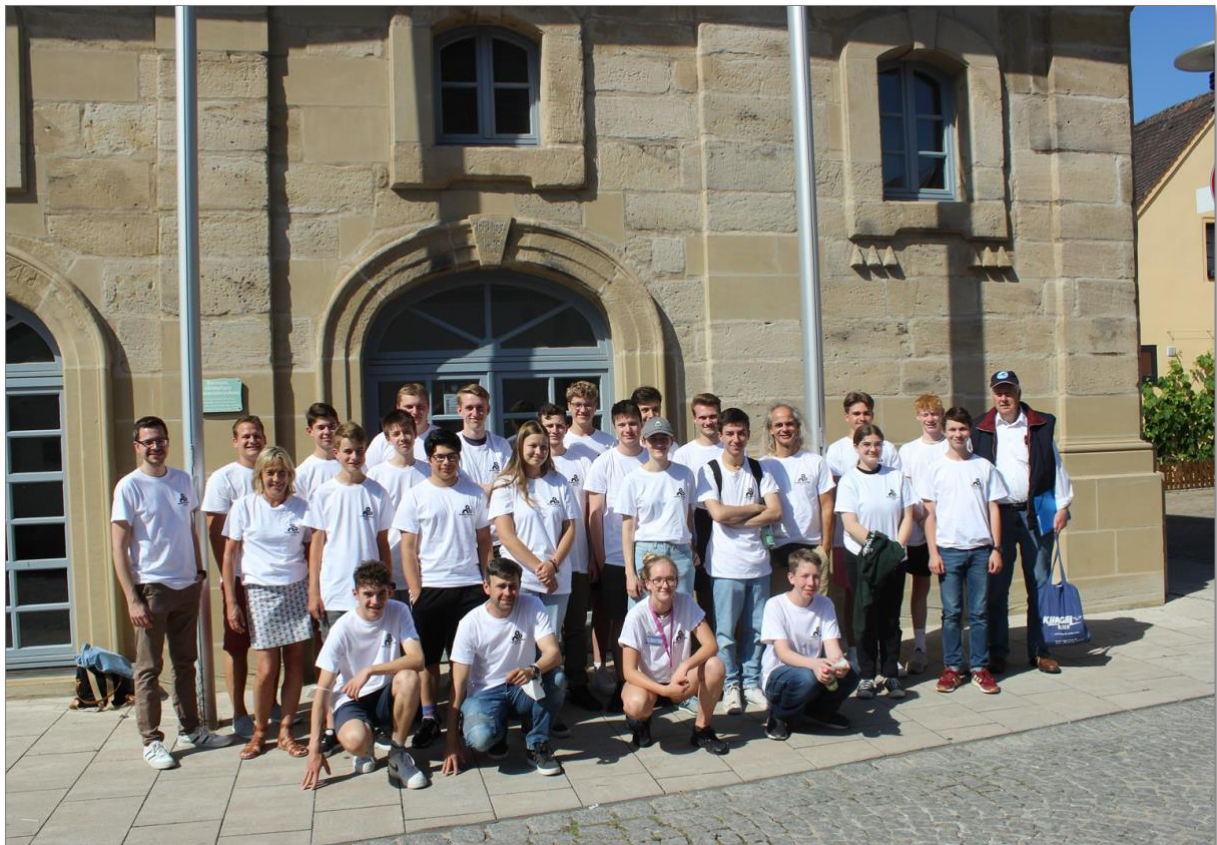


Abbildungen C.08, C.09 Online-Meeting zwischen Washington D.C.
(oben, Quelle: Microsoft Corporation, Inc., [Microsoft Teams](#), s. [Screenshot](#)) und Höchstadt (unten)

Phase 2 – Prototypen-Bau Version 1 in Höchststadt

Das erste Treffen in Person fand im Juni in der Woche vom 13.-17.06. in Höchststadt statt.

Von Montag bis Donnerstag stand dann täglich von 9.00 Uhr bis 18.00 Uhr das „Maken“ auf dem Programm. Unterbrochen wurde die tägliche Arbeit nur von der Mittagspause, in welcher externe Referenten weiteren Input gaben. Am Montag erläuterte Frank Neumann (Ingenieur, Dozent, ehem. Vorsitzender des VDI, etc. sowie Gründer von „Technik ohne Grenzen“) die Bedeutung von „Paradigmenwechseln“ und „Technik und Ethik“, ehe am Dienstag Lena Augustin vom Verein „Technik ohne Grenzen“ von deren Einsatzgebieten berichtete. Am Mittwoch zeigte dann Marc Stamminger (Lehrstuhl für Graphische Datenverarbeitung der Friedrich-Alexander-Universität) neue Anwendungsgebiete im Bereich der Informatik auf. Die Bedeutung und Einsatzmöglichkeiten von Punktmengen beeindruckte alle Anwesenden. Der Donnerstagnachmittag wurde dann durch eine Stadtführung in Höchststadt mit abschließendem Empfang beim Bürgermeister Gerald Brehm im Sitzungssaal des Stadtrates aufgelockert.



Abbildungen C.10 Gruppenfoto nach der Stadtführung mit abschließendem Besuch beim Bürgermeister



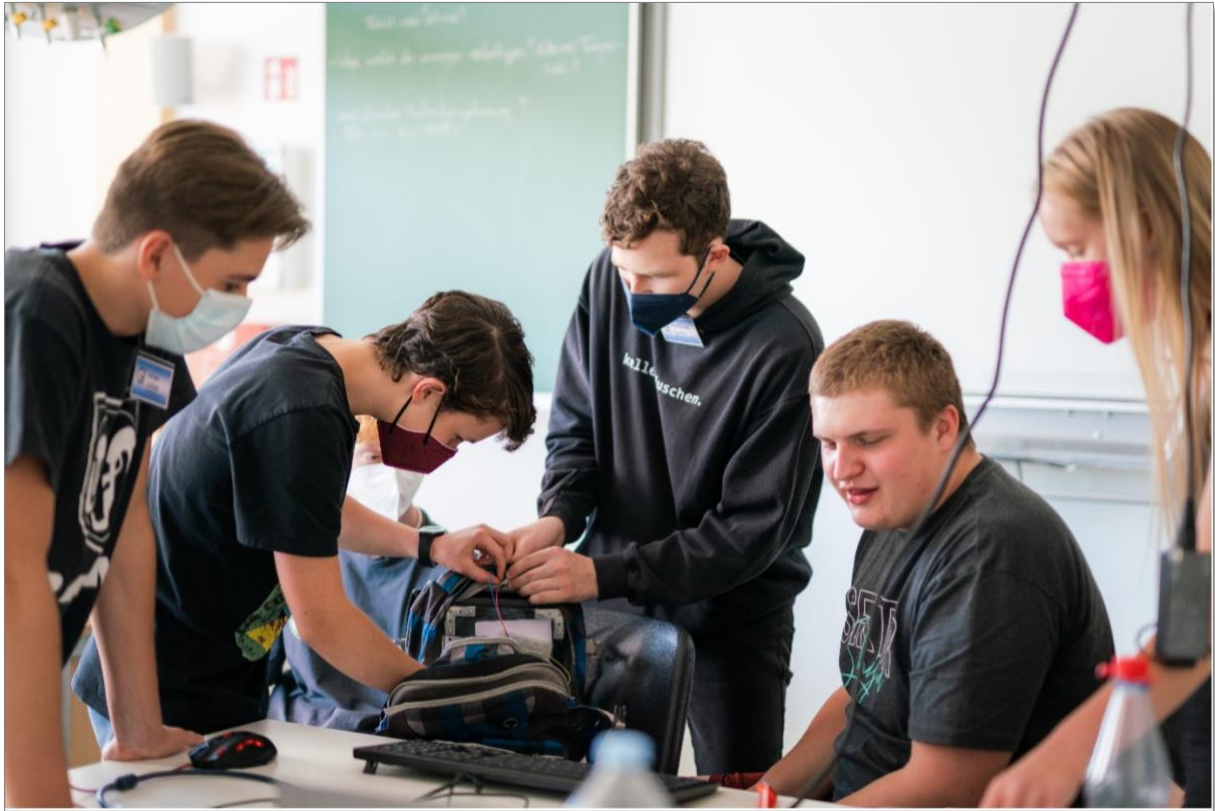
Abbildungen C.11 Eindrücke vom Maken des Better Bins

(Quelle: Foto Fidel Kazman, [endlosMedia GmbH](#))



Abbildungen C.12 Eindrücke des Smart Board Bots

(Quelle: Foto Fidel Kazman, [endlosMedia GmbH](#))



Abbildungen C.13 Eindrücke des Smart Board Bots

(Quelle: Foto Fidel Kazman, [endlosMedia GmbH](#))

Am Freitag, dem „Tag der Technik“, beteiligten sich zahlreiche externe Partner sowie Mitglieder der Schulfamilie. Nach der Begrüßung durch den stellvertretenden Schulleiter Alois Selder betonte MdB Stefan Müller (ehemaliger Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung) in seiner Ansprache die Bedeutung derartiger Projekte und die Wichtigkeit technologischer Ausbildung junger Menschen für die Zukunft. Abgerundet wurden die Redebeiträge durch Rainer Stetter, der das Makeathon-Konzept im studentischen Bereich zur Förderung von Technikbegeisterung eingeführt hatte und seit mehreren Jahren praktiziert, durch die Gerda Stetter Stiftung auch im Kindergarten- und Jugendbereich. Kinder und Jugendliche sollen frühzeitig erfahren, dass Technik Spaß macht und eine Lösung für viele Probleme sein kann, nicht deren Ursache.

Nach den Eröffnungsreden konnten alle Projektgruppen im Gymnasium ihre Prototypen der Öffentlichkeit vorstellen. Für die „Technik zum Anfassen“ waren externe Partner beteiligt. Vertreter des „High-octane e.V.“ (Tech-Fak, Universität Erlangen) präsentierten ein von den Vereinsmitgliedern selbst konstruiertes und gefertigtes Rennauto, das man hautnah begutachten konnte. Alumni des Gymnasiums Höchstadt der Firma ASL (Aischtal Sound & Light) führten Theatertechnik inklusive Lichtmischpult, vorprogrammierter Events, Tontechnik u.v.m. vor und luden Besucher dazu ein, die Anlage selbst zu bedienen.

Lehrer-Kollegin Daniela Schmid stellte Details zum PCR-Test vor und demonstrierte das Verfahren der Gelelektrophorese. Die Aischtalstörche (eine Technik-AG der Schule) zeigten unter Anleitung von Tobias Kanzler spektakuläre Wasser-Luft-Raketenstarts und die Q11 sorgte für die Verpflegung der Besucher*innen mit Kaffee und Kuchen, Grillgut und Getränken.



Abbildungen C.14 Die Abschlussveranstaltung in Höchstädt, Präsentation der ersten Prototypen am Technik-Tag (Quelle: Foto Fidel Kazman, [endlosMedia GmbH](#))

Phase 3 – Prototypen-Bau Version 2 in Washington D.C.

Vom 28.10. – 8.11.22 fand in Washington D.C. die dritte Phase des Makeathons statt. Die folgende Tabelle zeigt den Zeitplan der durchgeführten Aktivitäten, die sowohl einen wissenschaftlichen Teil (Makeathon-Phase) als auch einen kulturellen Teil beinhalten.

C. Makeathon (Mülltrennsystem Better Bin, Smart Board Bot, Rucksack Evoscan)

	Freitag 28.10.2022	Samstag 29.10.2022	Sonntag 30.10.2022	Montag 31.10.2022	Dienstag 01.11.2022	Mittwoch 02.11.2022	Donnerstag 03.11.2022	Freitag 04.11.2022	Samstag 05.11.2022	Sonntag 06.11.2022	Montag 07.11.2022	Dienstag 08.11.2022
vormittags		Ausflug Washington DC Picknick Mall mit Bagel oder Bethesda Bagels	Tag in den Familien	kurze Begrüßung durch SL? Einführung in die Räume, Baubeginn	Maken	Maken	Maken	Aufbau und Präsentationsübung für STEM night	in den Familien	Tag in den Familien Angebot Fam. Gonzalez: NYC trip mit Bus (4h)	field trip Naturkundemuseum um 10:00 Uhr	field trip Gepäckabgabe am Flughafen, Besuch des National Air and Space Museum in Udvar Hazy
nachmittags	16:00 Uhr Ankunft der Höchststädter am Flughafen	Ausflug Washington DC	Tag in den Familien Angebot Fam. Hutter: Middleburg, countryside, farmfire, horses + barbecue	Maken evtl Schüler mit 15 Uhr Bus auf Maryland verteilen Essen in den Familien!!!	Maken	Maken / Billy Goat trail -> hier müssten alle schon in Wanderschuhen kommen?	Präsentation üben Abklären: BUSSE! Kurztage, Unterrichtsende 12:15 Uhr wegen Elternsprechtag!	ab 16:00 Uhr: STEM night	14:00 Treffen am Fußballplatz, anschließend Grillen (Potluck)	Tag in den Familien 1:10 Abflug Jonas/Bernhard	1:00 Uhr Besuch Capitol (nur Austauschschüler), Ausflug mit dem Schulbus mit Start an der GISW Sage Lunchbags evtl. Air and Space museum Washington	Besuch des National Air and Space Museum in Udvar Hazy ab 16:00 Uhr Flughafen
abends	17:30 Uhr Abholung am Flughafen (Ideen: Schulbus / gemeinsames Empfangsevent bei Fam. Molitor) 1-max 2 Stunden Welcome Event, drinks + snacks	7:00 Ankunft Jonas/Bernhard	Tag in den Familien	19:00 Uhr Wizards Game		GRILLEN -> Tommy		bis 19:00 Uhr STEM night, danach: aufräumen (-> GLC braucht am Samstag vormittag die Räume)	17:30 Grillen Charles	Tag in den Familien		18:00 Uhr Abflug

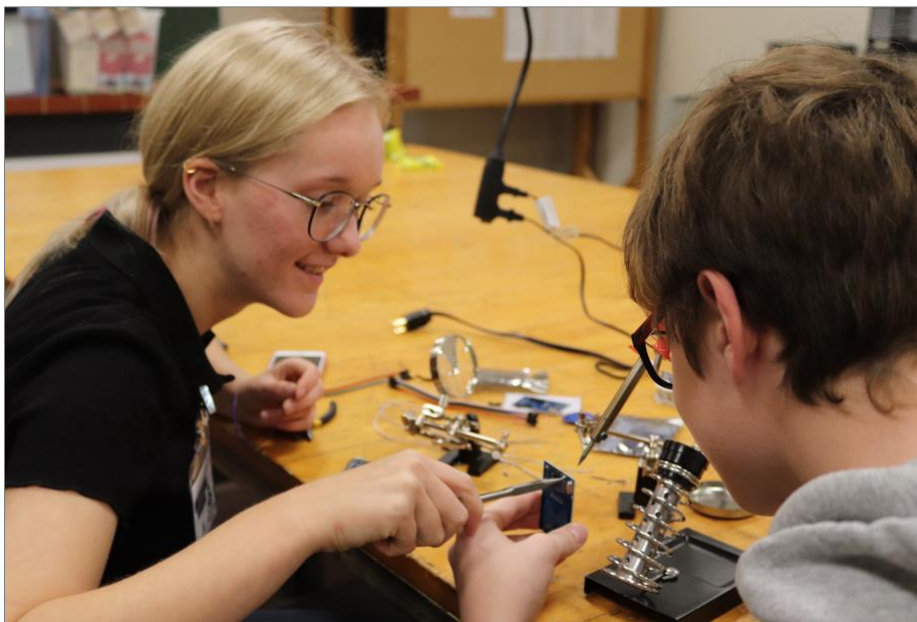
Abbildungen C.15 Zeitplan Phase 3

Die drei Schülerteams überarbeiteten in Phase 3 ihre Prototypen, führten Optimierungen durch und entwickelten weitere Funktionen dazu. Im Einzelnen waren dies bei den Projekten:

- **BetterBin**
 - Verbesserung der Mechanik zur Führung der Abfallbox
 - Integration einer Endlagenerkennung bei der Führung der Abfallbox und Integration in das Steuerungsprogramm
 - Digitale und interaktive Präsentation des Projekts
- **Smart BoardBot**
 - Mechanische und elektrische Integration einer Kamera zum Ablichten von Tafelanschriften
 - Verbesserung der Aufnahmemechanik von Schreibutensilien und der Linearführungen. Dies führt dazu, dass die Funktion „Zeichnen“ mit einer wesentlich besseren Genauigkeit durchgeführt werden kann.
- **EvoScan**
 - Implementierung einer Webseite zur Bedienung und Anzeige
 - Verbesserung der Verkabelung
 - Minimierung des Platzbedarfs für die Technik im Rucksack trotz Einbau eines weiteren Scanners zur Optimierung der Einleseergebnisse eingesteckter Bücher

Am 4. November wurde an der DISW eine „Nacht der Wissenschaften“ durchgeführt, in der das MINT-Programm der Schule und die Ergebnisse sowohl der Makeathon-Projekte als auch weiterer Projektarbeiten in 15 zum Teil interaktiven Ausstellungen für die gesamte Schulgemeinde und Gäste (ca. 350 Besucher) präsentiert wurden.

Dieser Nachmittag diente dem Informations- und Erfahrungsaustausch innerhalb der Schulgemeinde und darüber hinaus. So erhielten zwei Makeathon-Teilnehmer spontan ein Angebot für jeweils ein Internship durch den Keynote Speaker der Veranstaltung Dr. Joe Bonner vom NIH (National Institutes of Health), National Center for Medical Rehabilitation Research.



Abbildungen C.16, C.17 Maken in Phase 3 in Washington D.C.

C. Makeathon
(Mülltrennsystem Better Bin, Smart Board Bot, Rucksack Evoscan)



Abbildungen C.18, C.19 Gruppenfoto bei der STEM-Night (oben) und beim Besuch des Smithsonian Museum (unten)

In den Zeiträumen von 19.-22.12.2022 und 09.-11.01.2023 wurden in Höchststadt die Prototypen der Phase 2 von den Schüler*innen des Gymnasiums Höchststadt um die Erkenntnisse der Phase 3 erweitert. Die Projekte sollen in beiden Schulen dauerhaft ausgestellt und vorgeführt werden können.

Beteiligte Schüler*innen und Lehrkräfte

Insgesamt nahmen 21 Schüler*innen an dem Projekt teil. Unter den 10 teilnehmenden Schüler*innen aus Washington D.C. waren 8 Jungen und 2 Mädchen, wobei zwei Teilnehmer aus Phase 2 in Phase 3 problemlos durch neue Teilnehmer ersetzt wurden. Aus Höchststadt waren 8 Jungen und 3 Mädchen beteiligt.

Die Schüler*innen besuchten im Projektzeitraum die Klassen 9 bis 12.

Anzahl und Funktion der beteiligten Lehrkräfte – deren Unterrichtsfächer sowie deren Funktion im Rahmen der Aktivitäten

Im Kern waren während des Projekts jeweils 2 Lehrkräfte der beiden Schulen beteiligt. Diese Lehrkräfte unterrichten MINT-Fächer an ihren Schulen (Mathematik, Chemie, Biologie und Physik). Die Lehrer*innen übernahmen in erster Linie alle organisatorischen Aufgaben des Projekts, kümmerten sich aber zusammen mit den beteiligten Coaches und Partnern auch um die fachliche Durchführung.

In den Phasen 2 und 3 waren weitere Lehrkräfte aus den Bereichen Wirtschaft und Deutsch beteiligt.

Herausforderungen

Eine große Herausforderung war die Finanzierung des Projekts. Insbesondere die gegenseitigen Besuche der Schüler*innen in den Vereinigten Staaten und in Deutschland verursachten sehr hohe Reisekosten. Finanziert wurden diese durch Eigenanteile der Schüler*innen und finanzielle Unterstützung durch den deutschen Schulverein Washington D.C. und des Rotary Clubs Höchststadt. Zudem konnten wir mit den erstellten Projektideen bei mehreren Wettbewerben erfolgreich teilnehmen und Preisgelder im mittleren 4-stelligen Bereich erzielen.

Für den Bau der Prototypen in den beiden Makenphasen wurden im Durchschnitt je Team ca. 1000 € benötigt. Schwierigkeiten zeigten sich hier auch gerade bei der Bestellung benötigter Bauteile aufgrund der unterschiedlichen Einheiten-Systeme.

Bei der Umsetzung mussten zahlreiche technische Herausforderungen, beispielsweise für eine störungsfreie und qualitativ hochwertige Übertragung der Videokonferenzen, bewältigt werden.



Abbildungen C.20 Viel Technik war für die Videokonferenzen notwendig

(Quelle: Microsoft Corporation, Inc., [Microsoft Teams](#), s. [Screenshot](#))

Auch von Schulseite war die Planung nicht ohne Hindernisse, da die Teilnehmer aus verschiedenen Jahrgangsstufen stammten und so eine für beide Schulen stimmige Zeitplanung herausfordernd war und auf Ferienzeiten ausgewichen werden musste. Zudem galt es bei den jeweiligen Besuchen die komplette Logistik auf die Beine zu stellen, vom täglichen Mittagessen bis hin zu den Transportproblemen einer derart großen Gruppe zu gemeinsamen Ausflügen musste alles durchgeplant und realisiert werden. Außerdem galt es, die TeilnehmerInnen auf unterschiedliche Rechtslagen in beiden Ländern aufmerksam zu machen und so zahlreiche bereichernde Erfahrungen im gefahrfreien Raum zu ermöglichen.

Insgesamt verlangte das Projekt von allen Beteiligten ein hohes Maß an Motivation, Durchhaltevermögen, Organisation, Einsatzbereitschaft, Kooperationswillen und persönliches Engagement über einen relativ langen Zeitraum. So musste z.B. die Zeitplanung infolge der Corona-Epidemie immer wieder neu angepasst werden.

Fazit und Perspektiven

Zusammenfassend ist anzumerken, dass dieses Projekt einen sehr hohen personellen und finanziellen Aufwand der beteiligten Institutionen erforderte. Über die Laufzeit von weit über einem Jahr wurden sowohl von den Lehrkräften als auch von den beteiligten Partnern und Coaches eine hohe Zahl unbezahlter ehrenamtlicher Stunden eingebracht. Der hohe finanzielle Aufwand ergab sich aus der Entfernung der beiden teilnehmenden Schulen.

Aus unserer Sicht war das Projekt ein voller Erfolg. Die Schüler*innen sind in der Projektarbeit weit über sich hinausgewachsen und haben Vieles umgesetzt, was sie sich vorher nicht zugetraut hätten. Dies bestätigen auch deren schriftlichen Rückmeldungen und Reflexionen nach den jeweiligen Phasen. So konnten die Schüler*innen ihre „Hard Skills“ durch dieses Projekt in den Bereichen Mechanik, Elektrotechnik und Software wesentlich erweitern. Ihre „Soft Skills“ konnten sie in den Bereichen Teamwork, Projektorganisation, Präsentationstechniken verbessern. Zudem sind die Schüler*innen menschlich und in vielerlei weiterer Hinsicht gereift, konnten praktische Erfahrungen sammeln und viel Selbstbewusstsein aufbauen. Nicht zuletzt sind die interkulturellen Erfahrungen und Erlebnisse zu nennen, die die Schüler*innen bei den gegenseitigen Besuchen zum Beispiel in den Gastfamilien sammeln konnten.

Das Konzept Makeathon wird durch Herrn Engelhardt und Herrn Prof. Bernhard Kausler ab dem Schuljahr 2023/24 in Form von P-Seminaren weitergeführt. Die in diesem Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen werden dort einfließen. Zahlreiche weitere Einsatzbereiche sind denkbar und weitere Projekte werden in Zukunft sicher erprobt.

An der DISW ist für das kommende Schuljahr die Einrichtung eines „Makerspaces“ geplant, um das selbstgesteuerte und spielerische Arbeiten mit analogen und digitalen Werkzeugen im und außerhalb des Unterrichtes weiter auszubauen.

Anhang 1 – Quellenverzeichnis

C. Makeathon (Mülltrennsystem Better Bin, Smart Board Bot, Rucksack Evoscan)

- Bernd Rohrbach: Kreativ nach Regeln – Methode 635, eine neue Technik zum Lösen von Problemen. In: Absatzwirtschaft. 12, Heft 19, 1. Oktober 1969, S. 73–76.

Anhang 2 – Abbildungsverzeichnis

Legende

Kapitel

Abbildung .xx, .xx, .xx, ..., ...

Urheber # Lizenzigentümer # Quellenangabe

bei Screenshots: Ersteller # Lizenzigentümer/Urheber # Quellenangabe

Deckblatt

▪ oberes Bild

Artis777 # iStock by Getty Images # Online unter:

<https://www.istockphoto.com/de/vektor/operative-roboter-arbeitstechnologien-gm1356258438-430480419?phrase=Erfindungen++Experimente+Technik>, abgerufen am 30.11.2023

▪ mittleres Bild

TarikVision # iStock by Getty Images # Online unter:

<https://www.istockphoto.com/de/vektor/3d-isometrischer-flacher-vektor-konzeptionelle-darstellung-von-gruenem-wasserstoff-gm1353627773-428674541?phrase=wasserstoff-brennstoffzelle>, abgerufen am 30.11.2023

▪ unteres Bild

TopVectors # iStock by Getty Images # Online unter:

<https://www.istockphoto.com/de/vektor/biogas-kraftwerk-grüne-energie-alternative-power-flat-vector-illustration-gm1221763431-358257982?phrase=biogas>, abgerufen am 30.11.2023

A. Herausforderungen durch die Energiewende – Nutzung von Biogas als ein Baustein für nachhaltige Lösungen

▪ .01

Wolfgang Dremel # Wolfgang Dremel # -

▪ .02

Emma Ertel # Emma Ertel # -

▪ .03

Moritz Montenbruck # Moritz Montenbruck # -

▪ .04 – .10

Wolfgang Dremel # Wolfgang Dremel # -

Legende

Kapitel

Abbildung .xx, .xx, .xx, ..., ...

Urheber # Lizenzigentümer # Quellenangabe

bei Screenshots: Ersteller # Lizenzigentümer/Urheber # Quellenangabe

B. HySociety – Kann Wasserstoff unsere Gesellschaft verändern?

- **.01**
Benedikt Kirsch # Microsoft Corporation, Inc. # Microsoft PowerPoint, Eingebettetes Bild (s. Screenshot)
- **.02, .03**
Benedikt Kirsch # Benedikt Kirsch # -

C. Makeathon (Mülltrennsystem Better Bin, Smart Board Bot, Rucksack Evoscan)

- **.01, .03**
Schüler*innen # Schüler*innen # -
 - **.02, .04, .05, .06**
Achim Engelhardt # Achim Engelhardt # -
 - **.07**
Prof. Bernhardt Kausler # Prof. Bernhardt Kausler # -
 - **.08**
Achim Engelhardt # Microsoft Corporation, Inc. # Microsoft Teams, Eingebettetes Bild (s. Screenshot)
 - **.09, .10**
Achim Engelhardt # Achim Engelhardt # -
 - **.11 – .14**
Fidel Kazman # endlosMedia GmbH # -
 - **.15**
Steffi Colopy # Steffi Colopy # -
 - **.16 – .19**
Achim Engelhardt # Achim Engelhardt # -
 - **.20**
Prof. Bernhardt Kausler # Microsoft Corporation, Inc. # Microsoft Teams, Eingebettetes Bild (s. Screenshot)
-

Autor*innen

Die Unterrichtsmaterialien wurden von folgenden Personen erarbeitet
(in Klammern die jeweiligen Kapitel der Autor*innen):

David Bauer – Dürer-Gymnasium Nürnberg	(<u>A</u>)
Steffi Colopy – German-International-School Washington D.C.	(<u>C</u>)
Wolfgang Dremel – Martin-Behaim-Gymnasium Nürnberg	(<u>A</u>)
Achim Engelhardt – Gymnasium Höchststadt	(<u>C</u>)
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Kfm. Bernhard Kausler – Technische Hochschule Nürnberg	(<u>C</u>)
Benedikt Kirsch – Jakob-Fugger-Gymnasium Augsburg	(<u>B</u>)
Carlette Sandu – Justus-von-Liebig-Gymnasium Neusäß	(<u>B</u>)

Copyright – Creative Commons (CC)

Die Informationen, die Sie in dieser Veröffentlichung vorfinden, wurden nach bestem Wissen und Gewissen sorgfältig zusammengestellt und geprüft.


Es wird jedoch keine Gewähr – weder ausdrücklich noch stillschweigend – für die Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität übernommen.



Diese Publikation steht unter einer **Creative Commons Lizenz, Namensnennung – Nicht-kommerziell – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International**.

Dies gilt auch für die über die QR-Codes zur Verfügung gestellten ergänzenden Materialien!

Hier die offizielle Konzessionsurkunde von Creative Commons für diese Online-PDF-Veröffentlichung:



Creative Commons Konzessionsurkunde

Namensnennung - Nicht-kommerziell - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

Dies ist eine allgemeinverständliche Zusammenfassung der [Lizenz](#) (die diese nicht ersetzt).


Sie dürfen:


Teilen — das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten


Bearbeiten — das Material remixen, verändern und darauf aufbauen

Der Lizenzgeber kann diese Freiheiten nicht widerrufen solange Sie sich an die Lizenzbedingungen halten.

Unter folgenden Bedingungen:

 **Namensnennung** — Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.

 **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.

 **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie das Material remixen, verändern oder anderweitig direkt darauf aufbauen, dürfen Sie Ihre Beiträge nur unter derselben Lizenz wie das Original verbreiten.

Keine weiteren Einschränkungen — Sie dürfen keine zusätzlichen Klauseln oder technische Verfahren einsetzen, die anderen rechtlich irgendetwas untersagen, was die Lizenz erlaubt.

Hinweise:

Sie müssen sich nicht an diese Lizenz halten hinsichtlich solcher Teile des Materials, die gemeinfrei sind, oder soweit Ihre Nutzungshandlungen durch Ausnahmen und Schranken des Urheberrechts gedeckt sind.

Es werden keine Garantien gegeben und auch keine Gewähr geleistet. Die Lizenz verschafft Ihnen möglicherweise nicht alle Erlaubnisse, die Sie für die jeweilige Nutzung brauchen. Es können beispielsweise andere Rechte wie Persönlichkeits- und Datenschutzrechte zu beachten sein, die Ihre Nutzung des Materials entsprechend beschränken.

Impressum

Herausgeber: Verein MINT-EC[®]

Verantwortlich: Dr. Niki Sarantidou

Koordination: Alexandra Polster

Gestaltung Innenteil: Stefanos Papachristopoulos

Gestaltung Umschlag: www.rohloff-design.de

Bildnachweis Titel (von oben nach unten):

a). iStock / Artis777

b). iStock / TarikVision

c). iStock / TopVectors

MINT-EC[®], MINT-EC-Zertifikat[®]

und MINT-EC-SCHULE[®] sind

geschützte Marken des Vereins

mathematisch-naturwissenschaftlicher

Excellence-Center an Schulen e. V.

Stand: Berlin, November 2023

Gefördert von:



Bisher in der MINT-EC-Schriftenreihe erschienene Titel

IN DER RUBRIK TALENTE FÖRDERN

- Das MINT-EC-Zertifikat – Die Würdigung besonderer Leistungen im MINT-Bereich – 3. Auflage

IN DER RUBRIK UNTERRICHT GESTALTEN

- Materialien zur Informationstechnischen Grundbildung (ITG)
- Geometrische Ortslinien und Ortsbereiche auf dem Tablet – sketchometry im Unterricht
- Unterrichtsmodule zur Zerstörungsfreien Materialprüfung / Teil I
- Alles Chemie – Atombau und PSE
Deutschlandweiter Unterrichtssupport für die Sek I
- Alles Chemie – Säuren und Basen
Deutschlandweiter Unterrichtssupport für die Sek I
- ENERGY IN MOTION – Unterrichtsmodule zum Thema Energie – 2. Auflage
- MINT goes CLIL – Naturwissenschaften modular bilingual
- Digitaler Methodenkoffer – Lehren und Lernen mit digitalen Medien
- Chemisch-physikalische Gewässeranalyse in der Schule
Bestimmung der Wasserqualität mit digitalen Werkzeugen
- Digitaler Methodenkoffer 2.0 – Heterogenität digital begegnen

IN DER RUBRIK SCHULE ENTWICKELN

- Integration von geflüchteten Kindern und Jugendlichen in den Schulalltag – 2. Auflage
- Nachhaltigkeit und Technik –
Mit schülerzentrierten Angeboten den Ingenieurgeist wecken

MINT-EC

E-Mail: info@mint-ec.de

 [@MINTecnetzwerk](#)

 [@mint_ec](#)

 [@mint_ec_netzwerk](#)

 [@mint-ec](#)



www.mint-ec.de



9 783945 452219