

# tu

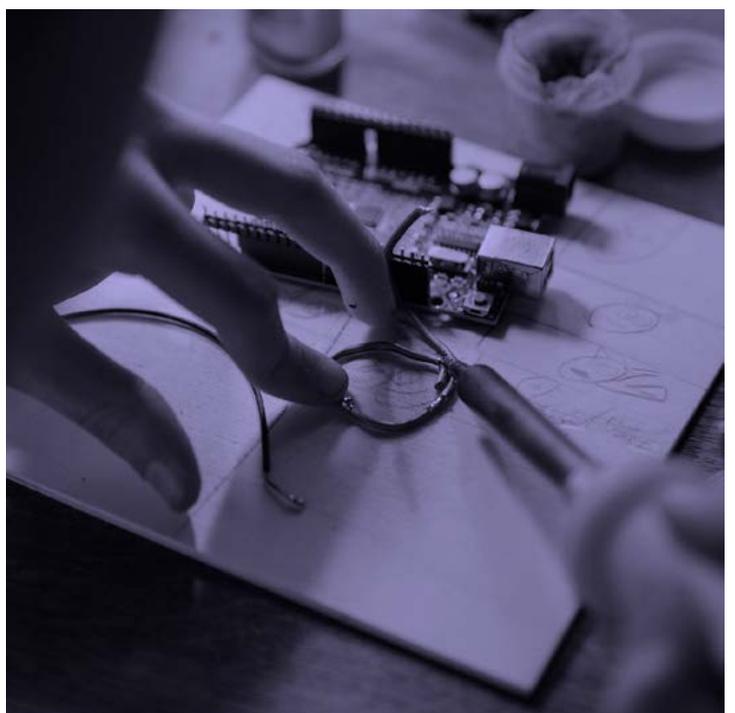
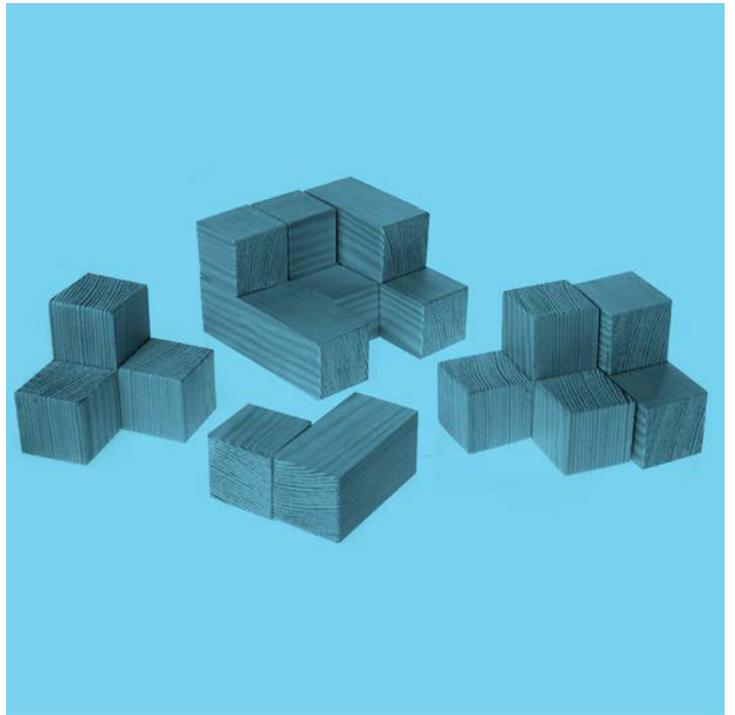
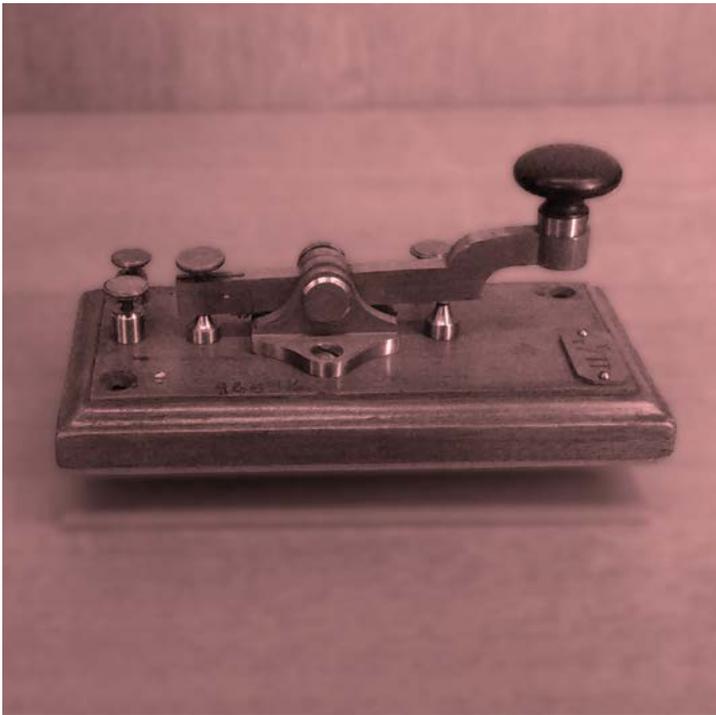
E 3915 

# 178

Neckar-Verlag

4. Quartal 2020

## ZEITSCHRIFT FÜR TECHNIK IM UNTERRICHT



ISSN 0342-6254

# tu ZEITSCHRIFT FÜR TECHNIK IM UNTERRICHT

– 45. Jahrgang –

tu: „Technik im Unterricht“ erscheint vierteljährlich.  
Sammelanschrift für Verlag, Anzeigen und Redaktion: Neckar-Verlag GmbH, Klosterring 1, 78050 Villingen-Schwenningen,  
Telefon (07721) 8987-0, Telefax (07721) 8987-50;  
E-Mail: [service@neckar-verlag.de](mailto:service@neckar-verlag.de),  
Internet: <http://www.neckar-verlag.de>

Die Datenschutzbestimmungen der Neckar-Verlag GmbH können Sie unter [www.neckar-verlag.de](http://www.neckar-verlag.de) einsehen.

Herausgegeben vom Neckar-Verlag GmbH in Zusammenarbeit mit Dr. Martin Binder; begründet in Zusammenarbeit mit August Steidle, 73557 Mutlangen

Verantwortlich für die Auswahl und Bearbeitung der Manuskripte: Dr. Martin Binder, Amselweg 20, 88271 Wilhelmsdorf;  
Tel. (07503) 916891, E-Mail: [binderm@ph-weingarten.de](mailto:binderm@ph-weingarten.de)

Wissenschaftliche Beratung: Prof. Dr. Wilfried Schlagenhauf, Prof. Burkhard Sachs

Layout/Herstellung: Klaus Pechmann, Tel. (07721) 8987-72,  
E-Mail: [pechmann@neckar-verlag.de](mailto:pechmann@neckar-verlag.de)

Titelbild-Konzept: Silvia Binninger, [www.designxbinner.de](http://www.designxbinner.de)

Anzeigen/Verkauf: Beate Brosamer, Telefon (07721) 8987-45,  
E-Mail: [br\\_zeigen@neckar-verlag.de](mailto:br_zeigen@neckar-verlag.de)

Bestellungen: beim Verlag,  
E-Mail: [bestellungen@neckar-verlag.de](mailto:bestellungen@neckar-verlag.de)

Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 9 vom 01.01.2019

Druck: Gulde-Druck GmbH & Co. KG, 72005 Tübingen

Einzelheft **7,50 €** zuzüglich Versandkosten; Jahresabonnement **25,50 €** zuzüglich Versandkosten; Digital-Abo Technik im Unterricht **25,50 €**. Print- + Digital-Abo Technik im Unterricht **27,- €**. Abbestellung 8 Wochen vor Jahresende schriftlich

Honorierte Arbeiten gehen in das uneingeschränkte Verfügungsrecht des Verlages über. Nachdruck und gewerbliche Verwertung nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages. Dies gilt auch für die gewerbliche Vervielfältigung per Kopie, die Aufnahme in elektronische Datenbanken und Mailboxen sowie für Vervielfältigungen auf elektronischen Datenträgern.

Letzter Annahmetag für Anzeigen und Redaktionsschluss ist der 10. im ersten Monat des Quartals.

## MITARBEITER DIESES HEFTES

Martin Binder

Armin Grunwald

Monika Hennig

Gerd Höpken

Jörg-Peter Pahl

Robert Storz

Michael Tärre

Christian Wiesmüller

TITELSEITE: Abbildungen von Robert Storz, Martin Binder, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, [cottonbro/pexels.com](http://cottonbro/pexels.com)

## Inhalt

Editorial ..... 4

### tu: Fachdidaktik

#### ARMIN GRUNWALD

Lob der Unsicherheit. Plädoyer für offene Technikzukünfte. .... 5

#### JÖRG-PETER PAHL/MICHAEL TÄRRE

Repetitorien auch beim beruflichen Lehren und Lernen – Wiederholen und Üben ..... 12

#### CHRISTIAN WIESMÜLLER

Immer wichtiger, eine DGTB zu haben ..... 31

### tu: Unterrichtspraxis

#### ROBERT STORZ

Arbeitsteilige Serienfertigung im Unterricht. .... 19

#### MONIKA HENNIG

Ingenieurstudierende konstruieren ..... 38

### tu: Diverses

#### GERD HÖPKEN

Hans Schulte zum 80. Geburtstag ..... 41

#### MARTIN BINDER

Wilfried Schlagenhauf – „Allgemeinbildung – Technik für Dummies“ ..... 44

#### DGBT TAGUNG

Technik: Verstehen wir, was wir nutzen!? ..... 47

# Arbeitsteilige Serienfertigung im Unterricht

## Mehrfachfertigung und ein fertigungsbezogenes Experiment

Robert Storz



Abbildung 1: Teile des Soma-Würfels, vereinfachte Version (Fotos: Robert Storz).

## Mehrfachfertigung im Technikunterricht

Über die Bedeutung von Mehrfachfertigung im Technikunterricht möchte ich auf meinen Beitrag in tu Heft 169 von 2018 „Was ist Mehrfachfertigung?“ verweisen. Dort habe ich beschrieben, wie die Lernenden an einer eher abstrakten Aufgabenstellung die Merkmale von Mehrfachfertigung durch eigene Erfahrungen kennenlernen. Diese Unterrichtssequenz habe ich über viele Jahre mit vielen Lerngruppen durchgeführt und dabei immer neue und stets gute Erfahrungen gemacht.

Fast immer folgte der 2018 beschriebenen Unterrichtssequenz eine weitere, mit der ich ebenfalls gute Erfahrungen gemacht habe und um die es im vorliegenden Beitrag geht. Auch ohne dass die in tu 169 beschriebene Sequenz voransteht, kann Unterricht mit dem aktuellen Beitrag erfolgreich durchgeführt werden.

Mehrfachfertigung steht nach meiner Beobachtung als Lehrkollege und als Lehrbeauftragter an Schulen hauptsächlich im Spätherbst im Stoffverteilungsplan. Denn die mehrfach hergestellten Produkte werden gern auf Weihnachtsmärkten zum Verkauf angeboten. Im Vordergrund steht die Vermarktung.

Diese Konstellation ermöglicht einen fächerübergreifenden Ansatz. Die Ware muss beworben und verpackt, Preise müssen kalkuliert werden und irgendwie muss auch die Kasse stimmen, damit klar ist, wie die Unkosten bestritten werden, was am Ende in der Klassenkasse landet und wer das wie verwaltet.

Nachteilig daran ist für die Techniklehrkraft die Gefahr einer gewissen Dominanz der Verfahren Aussagen und Bemalen von Holz. Auch sollte man nicht vergessen, dass Weihnachten als Festlichkeit für einen stetig größer werdenden Anteil der Lernenden keine Bedeutung hat. Die Lehrkraft, die Technik unterrichtet, sollte also durchaus selbstbezogen reflektieren, ob sie bereit ist, ihre Lernziele dem Wunsch der Klassenlehrerin oder des Klassenlehrers, aus guten Gründen mit der Klasse auf dem Weihnachtsmarkt die Klassenkasse zu füllen, unterzuordnen.

Ein weiterer Nachteil und für mich der Grund, weshalb ich an solchen Projekten selten teilgenommen habe, ist der Erfolgszwang. Wenn der Aspekt der Verkaufbarkeit der Produkte die Ziele des Technikunterrichts dominiert, müssen Schülerorientierung und Problemorientierung erheblich zurückgenommen werden. Genau diese Prinzipien sind aber für Technikunterricht

unverzichtbar, sogar kennzeichnend. Aus dem Ziel, Produkte zu erzeugen, die sich verkaufen lassen, würde zwangsläufig eine planende und kontrollierende Dominanz der Lehrkraft folgen.

Unangemessen finde ich, wenn solche Unterrichtsvorhaben als Projekte bezeichnet werden. Denn wesentliche Merkmale des Projektgedankens sind, dass Initiative und Verantwortung bei den Lernenden liegen, sowie die Möglichkeit des Scheiterns. Das alles ist nicht gegeben, wenn im Vordergrund steht, dass die Technikgruppe einer Klasse verkäufliche Produkte von gleichbleibender Qualität herstellen soll. Wenn bei der Mehrfachfertigung Produkte von hoher Qualität entstehen und diese verkauft werden können, ist das natürlich erfreulich; aber es sollte nicht vorrangiges Ziel oder gar Zwang sein.

Wohler fühle ich mich mit dem Gedanken, dass ich Mehrfachfertigung im Technikunterricht thematisiere, weil das ein wesentlicher Aspekt von Technik ist, weil das Thema im Bildungsplan steht und weil ich es so unterrichten kann, dass die Lernenden aus eigenem Handeln Prinzipien und Zusammenhänge von Mehrfachfertigung erfahren, lernen und verstehen können.

## Die Unterrichtsidee

Einzelfertigung ist anders als in der Realität die im Technikunterricht dominierende Fertigungsart. Bei der hier beschriebenen Unterrichtseinheit erhält nicht der einzelne Lernende die Aufgabe, ein Produkt zu fertigen, sondern eine Gruppe Lernender muss gemeinsam eine Anzahl möglichst gleicher Produkte herstellen. Die Identifikation des Herstellers mit dem hergestellten Produkt verschiebt sich dabei weitgehend, bis hin zum Wegfallen, wie das in der Realität auch der Fall ist.

Das bedeutet aber nicht, dass auch eine Qualitätskontrolle entfällt. Vielmehr wird die Identifikation mit der Produktqualität vom Einzelnen auf eine Gruppe von Herstellern übertragen. Damit werden Kommunikationsprozesse über die Herstellung und deren

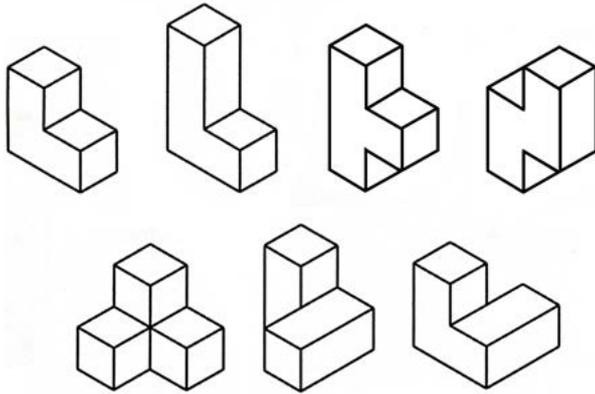


Abbildung 2: Teile des Soma-Würfels.

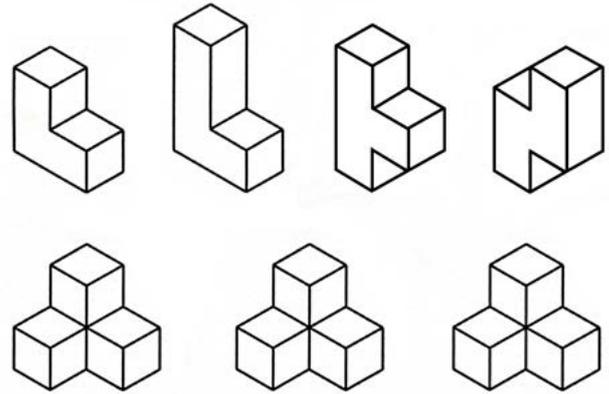


Abbildung 3: Teile des vereinfachten Soma-Würfels.

Qualität schon während des Prozesses nötig und können im Anschluss reflektiert werden.

Als Zugangsthema wurde von mir das Geduldspiel „Soma-Würfel“ gewählt. Ich habe die Unterrichtssequenz auch schon mit anderen Zugangsthemen durchgeführt und selbstverständlich lassen sich die dabei gewonnenen Erkenntnisse auch auf Weihnachtsthemen übertragen. Der Qualitätsdruck lässt sich zum Beispiel allein dadurch verringern, dass man deutlich mehr Gegenstände herstellt, als man zu verkaufen vorhat, und den Rest von vorneherein als Ausschuss einkalkuliert. Dann können Fehler und Erfahrungen zugelassen werden, aber es wird auch die Gewinnspanne kleiner.

## Soma-Würfel

Ein Soma-Würfel<sup>1)</sup> ist ein Geduldspiel aus sieben Teilen, die zu einem Würfel zusammengesetzt werden können (Abb. 2). Jedes Teil besteht selbst aus würfelförmigen Teilelementen, einem Drilling und sechs Vierlingen, so dass sich aus  $3 + 6 \cdot 4 = 27$  Teilwürfeln ein Würfel mit der Kantenlänge von drei Teilwürfeln ergibt. Vier der Teile sind nur „zweidimensional“ aufgebaut, also gleichmäßig dick, drei zeigen unterschiedliche Ausdehnungen in drei Dimensionen.

Es soll zahlreiche Möglichkeiten geben, aus diesen sieben Teilen einen Würfel zusammzusetzen, wobei ich zugeben muss, dass ich das nicht selbst überprüft habe und froh bin, eine einzige Möglichkeit gefunden zu haben. Sie lässt sich, selbstverständlich, auf jeder der sechs Flächen aufbauen, also kenne ich sechs Möglichkeiten. Nur wenige der vielen Möglichkeiten zeichnen sich dadurch aus, dass der Gesamtwürfel stabil bleibt, wenn man ihn nur in der Mitte der richtigen Grundfläche stützt, er also ein in sich formschlüssig verbundenes Gebilde ist. Der Soma-Würfel ist damit ein sehr anspruchsvolles Spiel, das nicht umsonst von einem Dozenten für die Lehre an der Hochschule erfunden wurde.

Vom Soma-Würfel ist auch eine didaktisch vereinfachte Variante<sup>2)</sup> im Umlauf, die ich für die Unterrichtssequenz für sehr viel besser geeignet halte (Abb. 3). Statt der in der ursprünglichen Variante drei verschiedenen „dreidimensionalen“ Teile wird eines davon drei Mal verwendet<sup>3)</sup>. Dadurch reduziert sich zwar die Anzahl der Möglichkeiten, den Würfel zusammzusetzen, trotzdem bleibt das Zusammensetzen eine Herausforderung.

Für die vereinfachte Variante habe ich mich aus folgenden Gründen entschieden:

- Die sprachliche Kommunikation im Unterricht über die Einzelteile und deren Identifikation wird einfacher.
- Nicht nur eines von sieben, sondern fast die Hälfte der Teile macht es unmöglich, zum Abbinden beim Verleimen oder Verkleben einmalig eingespannt zu werden, was die Problemstellung für die Serienfertigung sinnvoll erweitert.
- Der Schwierigkeitsgrad, das Spiel zusammzusetzen, wird geringer und dadurch der Zielgruppe Sekundarstufe besser angepasst.
- Aus der Tatsache, dass nicht von allen Teilen dieselbe Anzahl benötigt wird, ergeben sich im Hinblick auf den Kontext Mehrfachfertigung zusätzliche Lernchancen (s. u.), die eine Entscheidung für den originalen Soma-Würfel nicht geöffnet hätte.

## Zielsetzungen der Unterrichtssequenz

Die Lerngruppe hat bereits einen mehrteiligen Gegenstand aus Holz hergestellt, hat also im Unterricht schon Erfahrungen mit Einzelfertigung und mit Holzbearbeitung gemacht. Jetzt soll sie Erfahrungen mit Mehrfachfertigung machen.

<sup>1)</sup> Soma-Würfel wurden 1936 von dem dänischen Wissenschaftler Piet Hein erfunden. Der Name geht auf den Roman „Schöne neue Welt“ von Aldous Huxley und eine darin vorkommende Droge zurück.

<sup>2)</sup> Die vereinfachte Variante ist mir schon seit Jahrzehnten bekannt, leider nicht ihre Herkunft.

<sup>3)</sup> Eine interessante Forschungsaufgabe wäre, ob dies auch mit drei gleichen Teilen der beiden anderen „dreidimensionalen“ Elemente funktionieren würde. Meine ungeprüfte Hypothese wäre: ja.

Die Zielsetzung besteht darin, dass die Lernenden durch eigenes und gemeinsames Handeln Erfahrungen sammeln und diese als Erkenntnisse formulieren können wie:

- Niemand von uns hat allein ein ganzes Produkt hergestellt;
- die Arbeitsschritte haben wir aufgeteilt, so dass jede Person mehrmals dasselbe macht;
- für die Qualität des Produktes ist niemand allein verantwortlich, sondern die Gruppe, in der ich arbeite, ist es gemeinsam;
- für die Qualität meiner eigenen Arbeitsschritte werde ich doch zur Verantwortung gezogen, denn sie werden in so kurzem zeitlichen Abstand kontrolliert, dass meine Zuständigkeit nachvollzogen werden kann;
- weil jeder immer dasselbe macht, lohnt es sich, dass er seinen Teilablauf optimiert, auch wenn dann die Fertigungsvorbereitung aufwändiger ist;
- weil viele gleiche Produkte entstehen sollen, kann es sich lohnen, Vorrichtungen und Arbeitshilfen zu bauen oder vorzubereiten;
- um technische Entscheidungen zu fällen, ist es hilfreich, sich vorher mit Experimenten über die verschiedenen Möglichkeiten zu informieren;
- technische Entscheidungen werden von einem Kompromiss aus sich teilweise widersprechenden Anforderungen getragen;
- Fertigungstoleranzen entscheiden über die Qualität eines Produktes.

## Ein möglicher Ablauf

### Einstieg

Die Lehrkraft informiert die Lerngruppe darüber, dass als Nächstes nicht jeder Einzelne ein Produkt herstellen wird wie in der Vergangenheit, sondern die Lerngruppe gemeinsam mehrere gleiche Produkte herstellt.

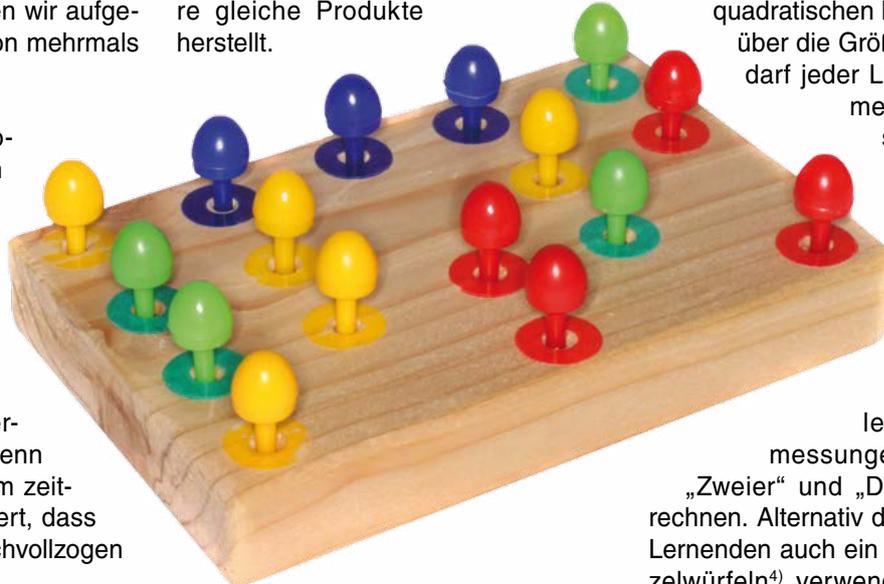


Abbildung 4: Bestückungsaufgabe des Rollenspiels aus tu 169.

Sie stellt den vereinfachten Soma-Würfel als Geduldspiel oder als dreidimensionales Puzzle vor, streut die Teile auf den Tisch und fragt, wer sie zusammensetzen möchte. Gern kann man die Lerngruppe in Kleingruppen aufgeteilt eine Weile tüfteln lassen. Wenn die Lehrkraft dann in kurzer Zeit demonstriert, wie man das Spiel zusammensetzt, betont sie, dass sie das nicht deshalb so schnell kann, weil sie ein toller Problemlöser sei, sondern weil sie den Ablauf auswendig gelernt hat. Wer später für die Verpackung zuständig ist, wird den Ablauf auch auswendig lernen müssen; alle anderen dürfen. Nicht alle Lernenden sind unmittelbar motiviert, das Geduldspiel selbst herzustellen, aber das Zugangsthema wird von allen als interessant wahrgenommen. Das war bisher in all meinen Lerngruppen so.

### Erarbeitung: Einzelfertigung als Vergleichsnorm

Die Lehrkraft stellt der Lerngruppe eine Liste der sieben Einzelteile des Soma-Würfels zur Verfügung (siehe Abb. 3) und stellt den Auftrag, in Einzelarbeit jeweils ein Spiel herzustellen. Über die Abmessungen der verwendeten quadratischen Leisten und damit über die Größe des Produktes darf jeder Lernende im Rahmen des im Schulsortiment vorhandenen Materials an Kiefernholz selbst entscheiden. Jeder muss also seine Stückliste selbst erstellen und die Abmessungen der „Einser“, „Zweier“ und „Dreier“ selbst berechnen. Alternativ darf von einzelnen Lernenden auch ein Bausatz aus Einzelwürfeln<sup>4)</sup> verwendet werden (das Ergebnis habe ich für die Fotos in Abb. 10 verwendet). Dabei treten andere Schwierigkeiten auf, die zu Erkenntnissen führen, die später bei der Planung der Serienfertigung hilfreich sein können.

Den Lernenden ist bewusst, dass sie dieses Werkstück nur deshalb herstellen, damit sie die Ergebnisse im Nachhinein mit dem Ergebnis der arbeitsteiligen Fertigung vergleichen können.

Auch wenn sich jeder anstrengt, kann die Qualität der Produkte zum großen Teil wenig überzeugen. Die Gründe liegen in teilweise strukturbedingten fertigungstechnischen Unzulänglichkeiten: Die einzelnen Bauelemente werden einzeln abgemessen, abgelängt und verklebt, meist mit Alleskleber. Längenfehler addieren sich genauso wie die Klebefugen und die Schiefheit von Kanten, und zwar umso mehr, je kleiner die frei wählbare Größeneinheit war.

<sup>4)</sup> Im Lehrmittelhandel werden Soma-Würfel als Bausatz angeboten. Der Packung liegt eine Bauanleitung für die ursprünglichen Soma-Würfel bei und sie enthält 27 Teilwürfel. Das heißt, jedes Bauteil wird aus drei oder vier Teilwürfeln zusammengeklebt, ansonsten fällt keine Bearbeitung an.

Das wird im Unterricht erarbeitet, als Teilergebnis kann gesichert werden, dass Fertigungstoleranz ein wichtiges Qualitätsmerkmal ist und dass eine geringe Fertigungstoleranz umso schwerer zu erreichen ist, je kleiner die absoluten Abmessungen sind. Diese eigentlich banale Erkenntnis ist für die meisten Lernenden neu, weil sie sich darüber noch nie Gedanken gemacht haben. Auch das Ergebnis des Bau-satzes kann nicht überzeugen. Die Teilwürfel sind zwar exakt gesägt, aber die größere Anzahl an Klebungen und das Fehlen von Hilfsmitteln führen in der Summe zumindest nicht zu einem besseren Ergebnis als beim späteren Serienprodukt.

### Prototyp und Serienprodukt

Im nächsten Schritt werden Gruppen gebildet und die Lernenden werden darauf hingewiesen, dass dieser Schritt dazu dient, die Fertigung einer größeren Menge gleicher Produkte vorzubereiten. Maßnahmen arbeitsteiliger Fertigung („du sägst die Einser, du die Zweier und ich die Dreier“) werden gefunden, was etwas rascher geschieht, wenn das Rollenspiel zur Optimierung einer Montage mit den Fantacolor-Stiften (vgl. tu 169 und Abbildung 4) vorausgegangen ist.

Unabhängig davon kommen immer einzelne Gruppen schnell von selbst auf die Idee, mehrfach wiederkehrende Abläufe wie das Abmessen zu optimieren. Einmal gemessene Stücke werden als Lehre verwendet oder Vorrichtungen werden erfunden, die das Messen ersparen. Das Kleben geht präziser, wenn die Teile beim Zusammenfügen gegen eine feste Kante gedrückt werden. Dabei entsteht aber das Problem, dass die Bauteile an der Vorrichtung festkleben – die Lösung des einen Problems führt zu einer neuen Schwierigkeit. Es bedarf meist nur geringer Impulse der Lehrkraft, damit aufgetretene Ideen ohne weiteres Dazutun beachtet, realisiert und optimiert werden. Der Hinweis auf das Vorhandensein von Gehrungs- oder Gestellsägen und deren Vorzüge beim rechtwinkligen Ablängen ist erstaunlich oft

nötig bzw. ist es vielleicht doch nicht erstaunlich, weil sie im außerschulischen Leben der Lernenden praktisch nicht vorkommen.

Bei der gemeinsamen Auswertung zeichnet sich die Organisation der arbeitsteiligen Fertigung meist relativ präzise ab, wobei dies stark von der Größe der Lerngruppe abhängt. Auf jeden Fall führt es dazu, dass Arbeitsplätze mit dazugehörigen Arbeitsaufträgen definiert werden. Dass bei linear zusammenhängenden Teilen die Elemente nicht aus einzelnen Würfeln zusammengesetzt, sondern am Stück hergestellt werden, ergibt die Aufgabenstellung: Wir brauchen unterschiedliche Anzahlen an „Einsern“, „Zweiern“ und „Dreiern“ und müssen organisieren, wie diese zu unterschiedlichen Anzahlen der fünf verschiedenen Bauteile zusammengesetzt werden, so dass am Ende alles aufgeht. Das ist dann schon etwas anspruchsvoller, als wenn in Gruppenarbeit eine vorgegebene Anzahl von Soma-Würfeln nach dem ursprünglichen Entwurf von Piet Hein hergestellt werden müsste.<sup>5)</sup> Was noch nicht geklärt ist, ist die Verbindungstechnik. Die Lernenden haben eine eher diffuse Vorstellung davon, sie „eben zusammenzukleben“, was die Lehrkraft veranlasst, diese Vorstellung mithilfe eines technischen Experiments in Wissen zu überführen.

### Erweiterte Zielsetzung

Technikunterricht sollte die Mehrperspektivität von Technik widerspiegeln, wie Ropohl (2009, S. 31 ff.) sie beschreibt. Deshalb sollten Inhalte vernetzt werden, wo immer sich das anbietet. In dieser Unterrichtseinheit geht es nicht nur um Mehrfachfertigung mit den Aspekten Arbeitsteilung, Arbeitsorganisation und Vorrichtungsbau, sondern sie schafft auch Anlass, sich mit Klebetechniken zu beschäftigen.

In der Realität verdrängen Klebetechniken immer häufiger andere Verbindungstechniken. Der Schriftzug an meinem Auto ist aufgeklebt, der Innenrückspiegel auch. Die Sockelleisten in

meiner Wohnung wären aufgeklebt, wenn ich in einem Neubau wohnen würde, wie u. U. auch die Lichtschalter, denn eine Drahtverbindung zwischen Schalter und Lampe ist in Zeiten von Funkkontakten nicht mehr nötig und damit auch kein Unterputzlegen der Schalter oder die Kenntnis vom Aufbau einer Wechselschaltung. Weil die Eingangstür zu meiner Wohnung wegen eines neuen Bodenbelags abgenommen werden musste, wird auf die Türschwelle eine dünne zweite aufgeklebt; das hält und sieht aus, als ob die Schwelle einfach ein wenig höher wäre. Es gäbe noch zahlreiche andere Beispiele; Klebetechniken sind in vielen technischen Bereichen rasant auf dem Vormarsch.

Zu technischer Bildung gehört mehr als eine vage Vorstellung davon, dass Klebstoff kleben würde. Im Rahmen dieser Unterrichtseinheit habe ich mir zum Ziel gesetzt, dass die Lernenden wissen und verstanden haben sollen, dass

- es für unterschiedliche Zwecke unterschiedliche Klebemittel gibt;
- es für unterschiedliche Materialien unterschiedliche Klebemittel gibt;
- unterschiedliche Klebemittel unterschiedliche Festigkeiten erzeugen;
- Klebemittel nur dann ihren Zweck voll erfüllen, wenn die Verarbeitungsvorschriften eingehalten wurden;
- Klebemittel Klebstoffe oder Leime sein können;
- Klebstoffe hauptsächlich dadurch wirken, dass sie die zu verklebenden Teile mit einer Schicht versehen, die an deren Oberflächen haftet;
- Leime hauptsächlich dadurch wirken, dass sie in ein geeignetes Material, wozu Holz zählt, eindringen und fest werden;
- beim Umgang mit Klebemitteln Sicherheitsvorschriften eingehalten werden müssen, denn alle sind gesundheitsschädlich.

<sup>5)</sup> Auch das kann man als Mehrfachfertigung organisieren, aber der Unterricht, der sich daraus ergibt, ist dann ein anderer als der hier beschriebene.



Abbildung 6: Versuchsaufbau.

## Das technische Experiment

Die Fragestellung des Erkundungsexperiments (Schmayl, S. 95) ist relativ klar zu fassen und final bestimmt: „Welches Klebemittel verwenden wir für die Mehrfachfertigung der Soma-Würfel?“ Die Lernenden stellen verschiedene Hypothesen auf; nur darüber erzielen sie Übereinstimmung, dass Alleskleber wohl am „schlechtesten“ abschneiden, also die am wenigsten stabile Verbindung herstellen werden. Ansonsten nimmt das Experiment für die Lernenden aus ihrer Perspektive der Vorschau eine erschließende Funktion ein.

Realitätsbezug ist ein wichtiges Merkmal von Technikunterricht. Bei einem Experiment im Technikunterricht steht „die Klärung der Verwendbarkeit bzw. der Anwendung einer Problemlösung unter realen Praxisbedingungen im Vordergrund“ (Hüttner, S. 149). Die Problemstellung besteht darin, dass die Einzelteile des Soma-Würfelspiels verbunden werden müssen. Sie sollen stabil verbunden bleiben, aber die Stabilität ist nicht das einzige, möglicherweise nicht einmal das wichtigste Kriterium.

Dass die Entscheidung am Ende wohl nicht zugunsten von Alleskleber ausfallen wird, ahnen die Lehrkraft wie die Lernenden schon vor der Ausführung des Experiments. Aber Alleskleber ist das Klebemittel, das

den Lernenden am vertrautesten ist, womöglich vielen sogar als einziges. Deshalb darf es in der Zusammenstellung schon als Referenz nicht fehlen. Dass Holzleim die stabilste Verbindung herstellt, weiß die Lehrkraft. Das Experiment wird der Lerngruppe ergebnisoffen angeboten: eine Reihe von Klebemitteln aus dem Sortiment der Schule.

Das technische Experiment soll nicht nur eindimensional die Frage beantworten, welches Klebemittel die stabilste Verbindung erzeugt. Sondern es soll eben ein Problem lösen helfen. Deshalb wird nicht isoliert die Frage

nach der Haltbarkeit der Verbindung beantwortet, sondern jeder Belastungstest endet mit der Beantwortung der auf den Auswertungsblättern gestellten Fragen durch das jeweilige Lernenden-Tandem. Erst dann erfolgt eine Bewertung im Hinblick auf die Problemstellung.

Wenn wir also Klebeverbindungen auf ihre Stabilität untersuchen, bedeutet das nicht automatisch, dass dann der stabilsten Verbindung Vorzug gegeben wird. Sondern andere Aspekte, in diesem Fall die Verarbeitungsweise, werden ebenfalls in die Entscheidung mit eingebunden und die Bedeutung der verschiedenen Aspekte wird gewichtet. Das Experiment wird ergeben, dass mit Holzleim die stabilste Verbindung entsteht, die Klasse wird sich möglicherweise trotzdem begründet für eine andere Verbindung entscheiden.

Als Lehrkraft kann man sich auf Ergebnisoffenheit einlassen, kann also entspannt abwarten, wie die Lerngruppe sich entscheidet. Sollte diese sich ungünstig entscheiden, dann kann das zu weiteren Erfahrungen führen, zum Beispiel: Das Zusammenpressen der Teile beim Abbinden des Leims dauert viel zu lange, und wir haben dafür zu wenig Werkzeuge. Wenn die Lerngruppe sich dann nach dem Anlaufen der Serienfertigung neu entscheidet, bedeutet dies kein Scheitern, sondern



Abbildung 7: Bruchstelle der geleimten Verbindung.

ein Anpassen der unter mangelnden Informationen getroffenen Entscheidung.

Dass Schülerexperimente auf von den Lernenden selbständig formulierten Fragestellungen aufbauen und von den Lernenden selbständig geplant und durchgeführt werden können, ist ein oft geäußertes, aber meist nicht zu realisierender Anspruch, weil den Lernenden dafür die Perspektive der Rückschau fehlt, über die die Lehrkraft verfügt. Schon aus Sicherheits-erwägungen wird die Lehrkraft den Ablauf des Experiments weitgehend vorausdenken und steuern. Trotzdem erzeugen die Durchführung des Experiments, das aktive Miterleben, die Hypothesenbildungen, die Quantifizierung nachhaltiger Lernereignisse, als wenn die Lehrkraft die Lernenden oder diese sich selbst nur über die Ergebnisse informieren würden.

Im vorliegenden Fall werden acht Lernenden-Tandems beauftragt, jeweils ein Paar Leisten in einem genau festgelegten Bereich mittels eines zugewiesenen Klebemittels nach der Anleitung auf der Verpackung und unter Beachtung der Sicherheitshinweise zu verbinden (Arbeitsaufträge siehe Abbildung 5). Es kommen exemplarisch vier Klebemittel zum Einsatz: Alleskleber, Kontaktkleber, Zwei-Komponenten-Kleber und Holzleim. Jedes Klebemittel ist doppelt vertreten, das erhöht die Glaubwürdigkeit der Versuchsergebnisse.

Da die Klebemittel ihre volle Belastbarkeit nach unterschiedlich langer Zeit erreichen, findet der Belastungstest erst in der kommenden Woche statt. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wird der Versuchsaufbau eng vorgegeben. An das von der Hobelbank gehaltene verklebte Leistenpaar wird ein Eimer eingehängt (Abbildung 6, Leimstelle hervorgehoben).

Mit einem Messbecher wird feiner Kies<sup>6)</sup> in den Eimer eingefüllt und die Einfüllhöhe wird gemessen, nachdem die Verbindung gebrochen ist. Die An-

zahl der Messbecher wird mitgezählt und dient als Kontrolle. Aus Sicherheitsgründen wird ein Hocker unter den Eimer gestellt, damit die Fallhöhe gering ist und auf Schutzbrillen verzichtet werden kann.

Das Ergebnis des Experiments ist ziemlich eindeutig. Die stabilste Verbindung ergibt sich mit Holzleim. An der Bruchstelle (s. Abbildung 7) ist deutlich zu erkennen, dass nicht die Leimstelle nachgegeben hat, sondern dass die Überschreitung des maximalen Zusammenhalts der Holzfasern die Bruchursache war. Der Zwei-Komponenten-Kleber erzeugt die zweitstabilste Verbindung, gefolgt von Kontaktkleber und Alleskleber.

In einem kurzen Lehrervortrag wird der Unterschied der Wirkungsweisen von Klebern und Leim dargestellt: Klebstoffe bilden auf den Oberflächen der zu verbindenden Materialien eine haftende Schicht, während Leim in das Material eindringt und härtet. Dabei spielen die beiden Bindungskräfte Kohäsion und Adhäsion zusammen. „Adhäsionskräfte sind für die Festigkeit der Grenzschicht zwischen Fügeteil und Klebschicht bestimmend. Kohäsionskräfte hingegen sind für die innere Festigkeit der Klebschicht selbst verantwortlich, wobei die Kohäsionskräfte die deutlich stärkeren Kräfte darstellen. Sie sind etwa 20- bis 100-fach stärker als die einzelnen Adhäsionskräfte.“ (Jüntgen 2020)

Das kann man für unnützes Wissen halten, aber ich lege grundsätzlich Wert darauf, dass unterschiedliche Verarbeitungsweisen von Materialien auch durch ihre Wirkungsweise oder ihren Aufbau erklärt und begründet werden.

Dann berichten die Lernenden über die Verarbeitungsweise. Obwohl das technische Experiment eindeutig ergeben hat, dass Holzleim die höchste Tragfähigkeit besitzt, also „am besten“ ist, fällt die Entscheidung i. d. R. zugunsten des Kontaktklebers. Denn der Verwendungszweck macht keine maximale Tragfähigkeit der Klebeverbindung

erforderlich und der Arbeitsablauf mit Kontaktkleber lässt sich besser in den Ablauf der Serienfertigung integrieren. Die erforderliche Trockenzeit zwischen dem Auftrag des Klebers und dem Verbinden der Teile lässt sich gut in einen arbeitsteilig organisierten Arbeitsablauf einbinden. Beim „Haltekraft-Sieger“ Holzleim wäre es notwendig, jede einzelne Verbindung mindestens 20 Minuten lang einzuspannen, bei Kontaktkleber reichen dafür wenige Sekunden, müssen allerdings so ausgeführt werden, dass kein Korrigieren der Lage notwendig wird.

Die Lehrkraft steuert hier nur, Zielsetzungen und Rahmenbedingungen werden von den Lernenden selbst gesammelt und gewichtet. Denn auf der Produktebene ist wichtig, dass die Würfel möglichst gebrauchstauglich sind und gut aussehen.

Die Entscheidung fällt die Lerngruppe weitgehend selbständig ohne die Notwendigkeit einer Intervention der Lehrkraft. Die Lernenden notieren sich die Ergebnisse des Experiments und dessen Interpretation sowie eine Begründung für ihre Entscheidung für Kontaktkleber.

Auf der Lernebene (s. o.: Zielsetzungen) ist wichtig, dass die Lernenden solche Zusammenhänge erstens in den Blick bekommen, sie zweitens als spezifische Zusammenhänge einer Serienfertigung erkennen und drittens üben, sie nicht irgendwie, sondern in einer gewissen Vollständigkeit zusammenstellen und ermitteln zu können.

## Fertigungstoleranz

Unter dem Eindruck der ernüchternden Ergebnisse der vorangestellten Einzel-fertigung werden nun wieder Gruppen gebildet mit dem Auftrag, erneut ein Einzelstück des Soma-Würfels herzustellen, diesmal gemeinsam. Dass das Ziel möglichst geringe Fertigungstoleranz ist, ist allen Gruppen klar, ohne dass ihnen dies vorgegeben werden müsste und ohne dass der Begriff be-

<sup>6)</sup> Meine Lerngruppen haben dafür gebrauchte Schleifsteine verwendet, die ich vor vielen Jahren bei einer Betriebsbesichtigung mitnehmen durfte und die seitdem Jahr für Jahr zum Einsatz kommen.

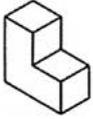
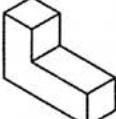
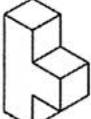
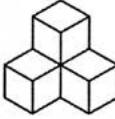
Auftrag und Lieferschein						
Produkt						Uhrzeit, Unterschrift
Auftrag Stück						
Lieferung Stück						

Abbildung 8: Lieferschein.

annt würde. Tatsächlich werden die Einzelteile dann von der Lehrkraft ohne Vorankündigung auf Maßhaltigkeit überprüft, bevor sie zusammengeklebt werden.

In einer Zwischenevaluation gibt die Lehrkraft ihre Beobachtungsergebnisse bekannt, die eine deutliche Qualitätsverbesserung beinhalten. Sie befragt die Gruppen über ihre Maßnahmen, möglichst gleichbleibend geringe Fertigungstoleranzen bei großen Stückzahlen zu erreichen. Die Qualitätsverbesserungen haben ihre Ursache hauptsächlich in einer Verwendung von Lehren für das Abmessen, einem veränderten Werkzeuggebrauch und der Arbeitsteilung, die zu einem gewissen Spezialistenkönnen führt.

### Herstellungsphase

Wie sieht die Herstellung der Produkte im Unterricht aus? Der folgende Verlauf fasst typische Erfahrungen aus meinem Unterricht zusammen, damit ein anschaulicher Eindruck davon entstehen kann, was die Lehrperson erwartet.

Die Herstellung startet mit einer Serie von 20 Spielen, das heißt von allen Teilen sind zunächst 20 Stück nötig, vom „dreidimensionalen“ Teil 60 Stück. Pro Spiel werden 9 Einser-, 6 Zweier- und 2 Dreier-Elemente benötigt. Die Lehrkraft lässt die Lerngruppe den Gesamtbedarf berechnen und daraus ergibt sich, dass Kommunikation zwischen den Sägereien und den Klebereien nötig ist, wenn man nicht ständig am Zählen sein will. Vielfältiger werden die Erfahrungen bei einer größeren Stück-

zahl, auf die in fast beliebiger Größenordnung erweitert werden kann.

Die Organisation der Herstellung hängt stark von Größe und Leistungsfähigkeit der Lerngruppe ab und muss jedes Mal neu geplant werden. Bewährt hat sich eine zweiphasige Herstellung. Deren Notwendigkeit ergibt sich meist von selbst, wenn die Herstellung eine Weile läuft und sich herausstellt, dass sich einerseits Zwischenprodukte stauen und andererseits Leerläufe bei der Beschäftigung einzelner Lernender ergeben. Die Lehrkraft kann sich hier weitgehend zurückhalten, denn die Lerngruppen merken selbst, dass sich die Abläufe optimieren lassen.

In der ersten Phase werden alle Elemente abgelängt und nachbearbeitet, zum Beispiel mit folgenden (durch die Lernenden eigenständig zusammengestellten) Teil-Arbeitsaufträgen:

- „Einser“ ablängen,
- „Zweier“ ablängen,
- „Dreier“ ablängen,
- Sägeflächen glätten,
- Kanten der Sägeflächen brechen,
- Qualitätskontrolle,
- Mengenkontrolle durch Abzählen und Dokumentation.

Dabei kommen Hilfen wie Lehren zum Prüfen oder Schleifhilfen zum Einsatz, die die Lernenden mit einem gerin-

gen Bedarf an Impulsen der Lehrkraft selbst entwickelt haben.

In der zweiten Phase werden dann die Spiele zusammengesetzt, zum Beispiel mit folgenden Teil-Arbeitsaufträgen:

- Kleber für die Erstklebung auftragen,
- die Abluftzeit nach Auftrag des Klebers überwachen,
- „zweidimensional“ verbinden,
- Kleber für die Zweitklebung der „dreidimensionalen“ Teile auftragen,
- die Abluftzeit nach Auftrag des Klebers überwachen,
- „dreidimensional“ verbinden,
- die hergestellten Mengen überwachen und regulieren,
- die Qualität kontrollieren,
- die fertigen Spiele zusammensetzen,
- die zusammengesetzten Spiele lagern oder verpacken.

Auch hier sind die Lernenden kreativ, wenn es darum geht, die Arbeit zu vereinfachen und die Ergebnisse zu verbessern, sofern sie gewohnt sind, dass die Lehrkraft dies einfordert.

Die Arbeitsstationen bzw. -plätze entstehen durch die Kombination mehrerer Arbeitsaufträge oder dadurch, dass sich mehrere Lernende einen Arbeitsauftrag teilen. In beiden Phasen müssen die Lernenden die Arbeitsaufträge

weitgehend selbständig verteilen und bei Bedarf die Verteilung optimieren; dann werden Erfahrungen reflektiert und in veränderten Handlungsweisen umgesetzt. Einzelne Hilfen der Lehrkraft sind sinnvoll, zum Beispiel, für alle Teilaufträge Karten anzulegen, die dann an die Ausführenden verteilt werden. In der Planung der ersten Herstellungsphase wird das vorgegeben, in der Planung der zweiten machen es die Lernenden selbst.

Ein Standardfehler beim Kleben ist, dass das Klebemittel an den Rändern überquillt, weil die Klebeflächen bis zum Rand bestrichen werden. Die Lernenden müssen i. d. R. darauf hingewiesen werden, Lösungen suchen sie selbst, z. B. das Abwischen der Überstände (aufwendige Nachbearbeitung) oder gleich zu verhindern, dass Klebemittel austritt (der Aufwand verschiebt sich auf die Sorgfalt des Auftrags).

Das alles liest sich vielleicht unübersichtlich, aber es macht jedes Mal Spaß, mit immer neuen Lerngruppen flexibel die Herstellung einer Anzahl von Soma-Würfel-Spielen zu organisieren. Im Laufe der Herstellung muss immer wieder umorganisiert werden, damit möglichst alle Beteiligten gleich gut ausgelastet sind, was die Lernenden weitgehend selbständig erkennen und beheben.

Bewährt haben sich ständige Qualitätskontrollen sowie eine Dokumentation des Warentransfers in beiden Herstellungsphasen zum Beispiel mit Lieferscheinen wie in Abbildung 8 für die zweite Herstellungsphase und mit Plakaten.

### Differenzierung

Die fertigen Spiele müssen verpackt werden. Das gehört schon deshalb dazu, weil man ein komplettes Spiel am Stück transportieren können sollte und weil unmittelbar erkennbar sein sollte, dass die sieben Teile tatsächlich zusammen einen Würfel ergeben. Man könnte die Teile mit breiten Bändern wie ein Paket verschnüren. Zweckmäßiger ist eine Schachtel. Diese ist ein Würfel aus Fotokarton mit einer geringfügig größeren Seitenlänge, als der

zusammengebaute Soma-Würfel sie hat. Die Lernenden sind mit wenig Anleitung in der Lage, ein geeignetes Würfelnetz selbst zu entwerfen und die Klebelaschen so zu setzen, dass eine Seite wie ein Deckel zum Öffnen weggeklappt werden kann und dass eine Lasche zum Verschließen übersteht. Zum Verpacken wird die geöffnete Schachtel dann einfach über den zusammengesetzten Würfel gestülpt.

Die Produktion der Schachteln könnte bei den Arbeitsaufträgen für die Herstellungsphase gleich berücksichtigt werden, was Letztere aber verkompliziert. Ich rate dazu, die Planung und Herstellung der Schachteln als zeitliche Differenzierung zu nutzen. Denn egal wie gut die Herstellung organisiert wird, es entsteht immer eine Phase, in der ein Teil der Lerngruppe ohne Beschäftigung ist; auf jeden Fall trifft das schon relativ früh für die „Ablänger“ zu, die schon fertig sind, während die Produktion noch länger weiterläuft. Diese können dann in die Schachtelproduktion wechseln.

Auch bei der Schachtelproduktion geht es darum, gemeinsam viele gleiche Produkte herzustellen. Das ermöglicht einen Transfer, indem das Würfelnetz mittels einer Schablone auf Karton übertragen wird, indem die Teilaufgaben verteilt werden und indem mögliche Varianten mit wenig Mehraufwand angeboten werden, zum Beispiel über die Farbe des Kartons.

### Rechtssicherheit

Herauszufinden, was ich als Lehrkraft darf und was nicht, ist schwierig geworden. Aus den Informationen der Unfallversicherer über Sicherheit im Unterricht, die wir „alten“ Techniklehrer früher schätzten, weil sie klare und verständliche Regeln enthielten, sind mächtige Datenbanken im Internet geworden, für



Abbildung 9: Anleitung zum Zusammenbau des didaktisch reduzierten Soma-Würfels.

die man zum Beispiel im thematischen Zusammenhang dieses Beitrags eigentlich fast ein abgeschlossenes Chemie-Studium bräuchte, um eine so einfache Frage selbst zu beantworten, ob man im Technikunterricht einen Kontaktkleber wie Pattex verwenden darf.

Eine Recherche auf dem Landesbildungsserver Baden-Württemberg am 27.07.2020 hat dann doch eine einfachere Antwort ergeben: Erlaubt ist es, sofern das Produkt in einer Verkaufsstelle mit Selbstbedienung für den Haushaltsbedarf erhältlich ist, also zum Beispiel in einem Baumarkt, sofern der Hersteller die Benutzung durch Kinder erlaubt. Ich untersuchte die Verpackungen meiner Klebemittelbestände daraufhin; Ergebnis: Ich darf.

Für diesen Beitrag habe ich meine Klebemittelbestände dann aber ohne wirklichen Bedarf erneuert, damit Verpackungen in Abbildung 5 genauso aussehen, wie sie aktuell im Handel

Zusammenbau  
Soma-Würfel

Abbildung 10: Anleitung zum Zusammenbau des originalen Soma-Würfels.

angeboten werden. Die Konzeption dahinter ist, dass sich die Lernenden nicht mit stark aufbereiteten Informationsmaterialien auseinandersetzen, sondern mit dem, was sie im Alltag vorfinden. Hier müssen Bestände schon aus didaktischen Gründen regelmäßig erneuert werden.

Ein Blick auf meine nun aktualisierten Klebmittelvorräte ergibt: Ich darf als Lehrkraft eigentlich gar nichts mehr. Auf den aktuellen Verpackungen aller vier hier vorgestellten Klebmittel findet sich inzwischen ein Hinweis wie: „... darf nicht in die Hände von Kindern gelangen“. Zwar klein und versteckt, aber der Hinweis ist vorhanden, selbst auf der Verpackung von Uhu-Allleskleber. Also darf ich streng genommen im Unterricht, auch im Technikunterricht, nicht einmal mehr Alleskleber einsetzen. Denn in Deutschland gilt man bis

zum vollendeten dreizehnten Lebensjahr als Kind und in diesem Alter kann man schon in der achten Klasse sein. Kurioserweise wird auf der anderen Seite derselben Verpackung dieser Alleskleber noch angepriesen als „ideal geeignet“ unter anderem explizit für die Schule.

Nachdem ich also nun die aktuellen schulrechtlichen Grundlagen meines Unterrichtsvorschlags überprüft habe, müsste ich ihn eigentlich in den Papierkorb werfen. Trotzdem halte ich ihn noch für einen wertvollen Beitrag zu einem allgemeinbildenden Technikunterricht, welchen unsere Gesellschaft nach meiner Überzeugung dringender denn je braucht.

Das Problem sehe ich anders gelagert. Vom Bildungsplan wird Lehrkräften vorgeschrieben, dass Schülerinnen und Schüler „unterschiedliche Füge- und Klebtechniken beschreiben und anwenden (Leimen, Kleben, ...)“<sup>7)</sup> können sollen. Die hier verfolgten Lernziele muss man

als Lehrkraft also erfüllen und das lässt sich kaum aufschieben, bis der letzte Lernende das vierzehnte Lebensjahr vollendet hat, also nicht mehr als Kind gilt. Über verbindliche Sicherheitsvorschriften werden den Lehrkräften aber gleichzeitig die als erste genannten Füge- und Klebtechniken beziehungsweise die Nutzung der erforderlichen Klebmittel formal verboten. Was soll das?

Hier wäre mehr Unterstützung der Kultusverwaltungen für die Lehrkräfte angebracht. Sie muss durch Lehrkräfte gegebenenfalls energisch eingefordert werden, weil sie anders wohl nicht zu bekommen sein wird. Es kann nicht sein, dass sich die Industrie einerseits und die Kultusverwaltungen andererseits bis ins kleinste Detail absichern und dazwischen die Lehrkräfte stehen, die ihren verbindlichen Auftrag nur erfüllen können, indem sie bestehende

und ebenfalls verbindliche Vorschriften missachten.

## Ist ein Bausatz eine Alternative?

Wer sich für den Einsatz des Bausatzes aus dem Lehrmittelhandel entscheidet, trifft dadurch didaktische Entscheidungen, die von der Zielsetzung dieses Beitrags weit wegführen.

Trennverfahren sind für die Herstellung der Spiele dann nicht nötig, die Fertigung beschränkt sich auf das Fügen, also den Gebrauch von Klebmitteln. Das in diesem Beitrag beschriebene technische Experiment könnte genauso durchgeführt werden, die Differenzierung „Schachteln bauen“ wäre absurd, weil die Einzelteile schon in solch einer Schachtel geliefert werden. Die hergestellten Produkte würden sich für eine Vermarktung zum Beispiel auf Weihnachtsmärkten ein wenig besser eignen, weil geringere Spaltmaße zu erwarten sind, wenn die hier beschriebenen qualitätsverbessernden Schritte umgesetzt würden.<sup>8)</sup>

Die Lernziele hinsichtlich Mehrfachfertigung wären also nur sehr eingeschränkt, eher gar nicht zu erreichen. Denn die Lehrkraft müsste wohl eher dabei zusehen, wie sich die Lernenden zunehmend oder von vornherein für Einzel- oder Mehrfachfertigung entscheiden, und hätte wenig Argumente, sie von der Richtigkeit des Gegenteils zu überzeugen. Ergebnis der Unterrichtssequenz wäre dann wahrscheinlich, dass mit Einzelfertigung bei gleichem Zeitaufwand bessere Qualität erreicht wird als mit Arbeitsteilung.

Dann wird ein handlungs- und problemorientierter Lernzugang zu produktionstechnischen Fragen reduziert auf das Herstellen eines Produktes. Damit wäre aber genau die Konstellation eingetreten, die ich eingangs problematisiert habe, dass nämlich Aspekte der Vermarktung die fachlichen Lernziele überdecken.

<sup>7)</sup> Bildungsplan 2016 Technik Baden-Württemberg, S. 16.

<sup>8)</sup> Dass auf der Abbildung die Produkte aus dem Bausatz schiefer als die anderen wirken, liegt auch daran, dass sie aus der vorangestellten Einzelfertigung stammen, in der noch keine Hilfen eingesetzt wurden.

## Die Lösung des Spiels

Bevor Lehrkräfte verzweifeln, weil sie (wie ich) nicht gut in Geduldsspielen sind, ist in Abbildung 9 eine der Lösungen für den vereinfachten Soma-Würfel zu sehen. Es ist die, die ich auswendig gelernt habe, und dieselbe Zusammensetzung kann auf sechs verschiedene Arten aufgebaut werden, wenn jedes Mal eine andere Grundfläche gewählt wird. Die anderen fünf Möglichkeiten findet man, indem man den fertigen Würfel auf eine andere Grundfläche dreht und dann wieder abbaut.

Der Vollständigkeit zuliebe finden die Leserinnen und Leser in Abbildung 10 eine Anleitung zum Zusammenbau des ursprünglichen Soma-Würfels, diesmal aus Einzelwürfeln eines Materialsatzes zusammengesetzt.

## Literatur

HÜTTNER, ANDREAS: Technik unterrichten. Verlag Europa-Lehrmittel Hanau-Gruiten 3. Auflage 2009.

JÜNTGEN, TIM: Grundlagen des Klebens erklärt: Voraussetzung, Adhäsion, Kohäsion. <https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/grundlagen-des-klebens-erklart-voraussetzung-adhaesion-kohaesion-a-794496/>, 2020. 09.01.2020 | Autor / Redakteur: Prof. Dr.-Ing. Tim Jüntgen

MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.): Bildungsplan 2016, Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I. Stuttgart 2016.

ROPOHL, GÜNTER: Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Tech-

nik. Univ., Habil.-Schr. Karlsruhe, 1978. 3. Aufl. Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe 2009.

SCHMAYL, WINFRIED: Das Experiment im Technikunterricht. Verlag Franzbecker Hildesheim 1981/2018.

STORZ, ROBERT: Was ist Mehrfachfertigung? Ein Rollenspiel, in: tu: Zeitschrift für Technik im Unterricht. Neckar-Verlag GmbH Villingen-Schwenningen 2018, Heft 169.

ZAHN, GERHARD: Grundwissen für Buchbinder. Verlag Beruf + Schule Itzehoe 2. Auflage 1992.

ROBERT STORZ  
 Lehrbeauftragter am Seminar Reutlingen i. R.  
 Robert.Storz@t-online.de

## ANZEIGE

# KonFeKt – Anregungen für guten Grundschulunterricht



Die von erfahrenen Schulpraktikern konzipierten und erprobten KONFEKT-Beiträge beinhalten neben theoretischen, sachlichen und didaktischen Überlegungen insbesondere genaue unterrichtliche Angaben, an denen Sie sich als Lehrende bei der Vorbereitung Ihres Unterrichts orientieren können. Sorgfältig gestaltete Kopiervorlagen zum direkten Einsatz im Unterricht ergänzen viele Beiträge.

Im Gesamtpaket enthalten:

- Rhythmisierung als Unterrichtsprinzip
- Märchenhaftes
- Bindungen: Das Eigene – das Andere – das Gemeinsame
- Zeichen & Symbole
- Tierisch gut! Die Karriere der Tiere im Unterricht

**Bestellen Sie alle fünf Ausgaben im günstigen Bundle!**

**nur 25,- EUR**

**Alle KonfeKt-Beiträge können Sie auch einzeln oder als komplette Digital-Ausgabe unter [www.neckar-verlag.de](http://www.neckar-verlag.de) als PDF downloaden.**



**Neckar-Verlag GmbH**  
 78045 Villingen-Schwenningen  
[bestellungen@neckar-verlag.de](mailto:bestellungen@neckar-verlag.de)  
[www.neckar-verlag.de](http://www.neckar-verlag.de)