

TECHNIKSTUNDE 292

ARBEIT UND PRODUKTION



Kugelbahn mit Kugellift

mit 4 Arbeitsblättern

KLASSE

6.–8. Klasse

ZEIT

12–15 Unterrichtsstunden als Fertigungsaufgabe mit konstruktiven Öffnungen

18–21 Unterrichtsstunden als Konstruktionsaufgabe

MATERIALIEN

Sperrholz (5 mm), Holz (20 mm),
Rundhölzer (Ø 8 mm), Leim

WERKZEUGE

Säge, Bohrer, Senker, Schleifpapier

KOSTEN

2–4 € je Kugelbahn

GRUNDLAGEN

Umgang mit Holzwerkzeugen,
Ständerbohrmaschine

Unterrichtspraxis, AuP, 1

VORBEMERKUNGEN

Kugelbahnen verschiedener Arten faszinieren Jung und Alt. Die kontrollierte Bewegung der Kugeln aus einer höheren Lage durch geschickte Anordnung von Bahnen und deren Umlenkungen in andere Richtungen wird immer wieder von konzentrierten Augenpaaren verfolgt und mit einem Lächeln quittiert.

In ähnlicher Weise wird beobachtet und bestaunt, wenn die Kugeln von der tiefen Lage wieder nach oben transportiert werden. Dazu ist ein Mechanismus notwendig, d. h. bewegliche Teile übernehmen den Transport. Hierzu wurden schon viele verschiedene Konstruktionen erfunden und umgesetzt.

Eine Kugelbahn beinhaltet im Grunde drei Komponenten: das Gestell, die Transportmechanik und die eigentliche Kugelbahn.

Voran muss gestellt werden, dass die Kugeln die Hauptakteure sind, denn sie müssen bewegt werden. Von oben nach unten folgen sie der Schwerkraft, von unten nach oben müssen sie mit „Muskelkraft“ gehoben werden. Kostengünstig und von der Größe angemessen sind Glasmurmeln mit einem Durchmesser von etwa 16 mm. Sie sind preisgünstig zu erwerben und rollen durch ihr relativ schweres Eigengewicht recht gut. Außerdem sind sie in sich gemustert und bilden den farblichen Kontrast zur Maserung des Grundmaterials Holz. Holzkugeln sind weniger geeignet. Sie sind zu leicht und bleiben deshalb bei kleinen Hindernissen sofort liegen.

Das hier vorgestellte Modell ist auf ein funktionierendes Kugelliftmodell reduziert. Es soll als Orientierung und zum Einstieg in die Thematik dienen.

Die Aufgabe lässt vielerlei Varianten zu und sollte die Schülerinnen und Schüler zum Experimentieren anregen, um technisch kreativ zu werden.

LERNZIELE

Aufgabe ist, dass der Schüler mit den vorhandenen Materialien eine Kugelbahn mit einer Transporteinrichtung für die Kugeln entwickelt.

Absicht dieses Themas ist, dass der Schüler möglichst eigenständig zu konstruktiven Lösungen findet, indem er selbst experimentiert. Er muss vielerlei Überlegungen anstellen, z. B.

- Was ist notwendig, um die Kugel in gleichmäßiger Bewegung nach unten rollen zu lassen?
- Welche Vorrichtung braucht man, um die Kugel von unten nach oben zu transportieren?
- Wie muss der Übergang vom Rollen zum Transportieren und umgekehrt gestaltet werden, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten?

UNTERRICHTSVERLAUF

Einstieg

Wenn der Techniklehrer sich die Mühe macht, eine mögliche Lösung der Aufgabenstellung zunächst einmal selbst herzustellen, hat dies viele Vorteile, die dem Unterricht insgesamt zugutekommen. Die Erfahrungen, die gesammelt werden, können auf verschiedenen Ebenen an die Schüler weitergegeben werden: Materialwahl, Einsatz von Werkzeugen, Schwerpunkte der Konstruktion, Schwierigkeiten bei der Montage. Der folgende Verlauf ist eine der vielen Möglichkeiten und sollte nur als Anregung gesehen werden.

„Kugelbahnen“ als Begriff werden ins Gespräch gebracht, denn sie sind den Schülern bekannt. Kugeln werden in Bahnen gelenkt von oben nach unten transportiert. Verschiedene Abbildungen können den Denkvorgang unterstützen. Der Weg nach unten ist schnell nachvollziehbar, doch wie kann man die Kugeln wieder nach oben bringen?



Abb. 1: Material zur Erstellung von Modellen



Abb. 2: Präsentation der Gestellfläche in der problematisierenden Einstiegsphase

Es gibt vielerlei Möglichkeiten, eine Kugelbahn zu konstruieren. Der Schüler muss jedoch mit den Mitteln auskommen, die zu dieser Aufgabenstellung zur Verfügung gestellt werden.

Aber einfach nur unbearbeitetes Material vorzulegen, ist wenig zielführend. Besser ist es, das „Gestell“ zu zeigen, es beispielsweise in die Spannzone der Werkbank einzuspannen, damit der Schüler eine erste Vorstellung erhält.

Nun könnten die ersten Vorschläge gemacht werden, wie damit eine Kugelbahn mit Transportmechanismus und den einzelnen Bahnen gebaut werden könnte. Die Schüler machen Vorschläge zur Gestaltung der Bahnen und erproben ihre Überlegungen mit einfachen Modellen aus Pappe.

Planung

Die Aufgabenstellung an die Schüler könnte darin bestehen, eine Kugelbahn mit einer vorgegebenen maximalen Plattengröße und den bereitgestellten Materialien zu entwickeln. Dabei sollen für die Kugelbahnen und ihre Anordnung, für das Gestell und als anspruchvollsten Kern der Aufgabe, den Transportmechanismus für die Kugeln, individuelle Lösungen gefunden werden.

Die Schüler entwickeln in Einzel-, Partner- oder Kleingruppenarbeit erste Lösungsideen, die als einfache Handskizzen festgehalten und stichwortartig notiert werden. Im Plenum werden Schülerideen gesammelt, unter dem Aspekt der Eignung und Umsetzbarkeit diskutiert und an der Tafel oder auf Kärtchen an einer Pinnwand notiert. Dieser Problemlösungsprozess kann mehrfach durchgeführt werden. Sinnvoll ist es auch, den Schülern Möglichkeiten zur Überprüfung der Tauglichkeit ihrer Problemlösungsideen zu geben. So können einfache Modelle aus Pappe und/oder Styrodur dabei helfen, die eigenen Ideen selbst zu überprüfen und ggf. zu optimieren oder aber auch als unbrauchbar zu verwerfen.

Die Schüler unterstützen sich gegenseitig, um Probleme in der Vorbereitung und in der Ausführung zu lösen. Der Lehrer hält sich zurück, moderiert geschickt, stellt Fragen zum Verständnis der vorgestellten Ideen und gibt Impulse zum Nachdenken, um möglichst viele eigene Schülerideen in die Diskussion einfließen zu lassen.

Die folgenden Planungsschritte sollten vom Schüler möglichst selbstständig gelöst werden.

Diese Fragestellungen können im Bedarfsfall notwendige Denkanstöße geben:

- Wie könnte man die einzelnen Teile benennen, damit man in „einer Sprache“ spricht?
- Wie wird eine Bahn hergestellt?
- Wie viele Bahnen sollten genutzt werden?
- Wie lang sollte eine Bahn sein?
- Wie verhindert man, dass eine Kugel auf der darunter liegenden Bahn über die Kante springt?
- Wo sollten auf der vorgegebenen Fläche die Bohrungen für die Kugeln angebracht werden? Wie viele Bohrungen sind sinnvoll?
- Wie groß sollten die Bohrungen sein, wenn die Bahn mit Kugel mit einem Durchmesser von 16 mm betrieben wird?

- Wie kann die Kugel durch einen Mechanismus wieder nach oben befördert werden?
- Wie erreicht man, dass die Kugel selbstständig aus dem Mechanismus durch die Bohrung auf die Bahn rollt?
- Welcher konstruktive Trick könnte angewandt werden, um die Kugel am Ende in die untere Bohrung zu lenken?

Die Schüler können angehalten werden, zum Stichwort Fördertechnik bzw. Fördermittel zu recherchieren. Die Stichwörter im Lexikon eröffnen Denkwege zu vielerlei Möglichkeiten.

Denkbare Lösungen zum Transportmechanismus lassen sich im Verlauf des Problemlösungsprozesses folgendermaßen strukturieren:

- Drehscheibe mit Bohrungen (siehe Fertigung)
- Hebelmechanismus
- Katapultlösungen
- Prinzip Aufzug
- Förderschnecke
- Kran usw.

Weiterhin sollten Möglichkeiten des Antriebs der Kugelfördereinrichtung thematisiert und strukturiert werden: Muskelkraft (z. B. durch eine Kurbel), Gummi- oder Federspannung, Biegespannung dünner Leisten, Elektromotor.

Zwei zusätzliche Lösungen, die das Prinzip Hebelmechanismus nutzen, finden sich am Ende des Beitrags unter Varianten.

Sind nach einer umfangreichen Planungsphase mit der Möglichkeit, durch einfache Versuche und Modelle die Umsetzbarkeit zu überprüfen, genügend Lösungsmöglichkeiten erarbeitet, so können die Schüler in Einzel- oder Partnerarbeit ihre individuelle Lösung planen und anschließend fertigen.

Schwächere Schüler können statt einer individuellen Umsetzung der Aufgabe auch die unten vorgestellte Lösung fertigen oder diese im Sinne einer Fertigungsaufgabe mit Raum für individuelle

Lösungen als Basis übernehmen. Dabei sind wiederum Fragestellungen eingefügt, die den Schülern zu eigenen Überlegungen anregen sollen.

Fertigung

Mit schwächeren Schülern lässt sich das Thema erarbeiten, indem der Lehrer das Materialangebot der Fertigungsaufgabe vorstellt und ihnen die Bereiche aufzeigt, in denen individuelle Lösungen möglich sind. Ausgehend von der Gestellfläche mit den beiden Bohrungen für die Kugeln, kann zunächst die Konstruktion der Bahnen im Gespräch am Gruppentisch geklärt werden.

In einem weiteren Schritt wird der Transportmechanismus durch die Drehscheibe mit Bohrungen besprochen und ggf. anhand eines Demonstrationsmodells geklärt. Kugelbahnen auf der einen Seite und Transporteinrichtungen auf der anderen Seite werden damit klar positioniert. Schritt für Schritt werden mit den Schülern die Details der Fertigungsaufgabe besprochen und Freiräume aufgezeigt.

Gestell

Welchen Durchmesser muss die Bohrung in der Mitte haben, damit man das Rundholz befestigen kann? Wie legt man die Mitte fest?

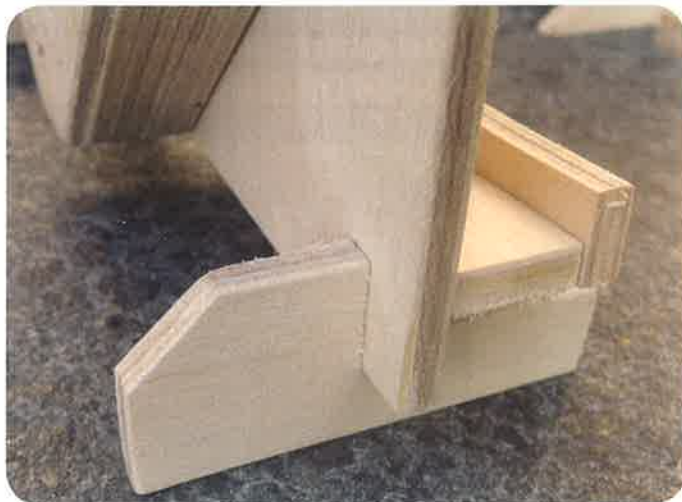


Abb. 3: Sockel

Das Gestell besteht aus einer quadratischen Sperrholzplatte mit einer Kantenlänge von 164 mm. Die Stärke beträgt 5 mm. Mittig wird eine Bohrung von 8 mm vorgenommen, in die ein Stift (Rundholz mit 8 mm Durchmesser) eingeleimt wird. Zwei weitere Bohrungen oben und unten mit einem Durchmesser von 20 mm dienen als „Durchlass“ für die Kugeln, oben vom Drehkörper nach außen zur Bahn, unten zurück von der Bahn zum Drehkörper.

Der Abstand der Bohrmittelpunkte der Durchlässe zum Mittelpunkt der Platte beträgt 65 mm und sollte bei schwachen Schülern vorgegeben werden (siehe Arbeitsblatt 1).

Je nach Erfahrung sollte der Lehrer Hinweise für die sichere Arbeit mit einem 20-mm-Holspiralbohrer geben und den sachgerechten Einsatz demonstrieren.

Das Gestell braucht zwei Sockel, um es senkrecht zu halten. Zwei seitliche Leisten (ca. 60 x 20 x 5 mm) in die eine 5 mm breite Nut gearbeitet wird, geben der Platte einen sicheren Halt. Diese zwei Sockel können preisgünstig aus verschiedenen Restmaterialien hergestellt werden.

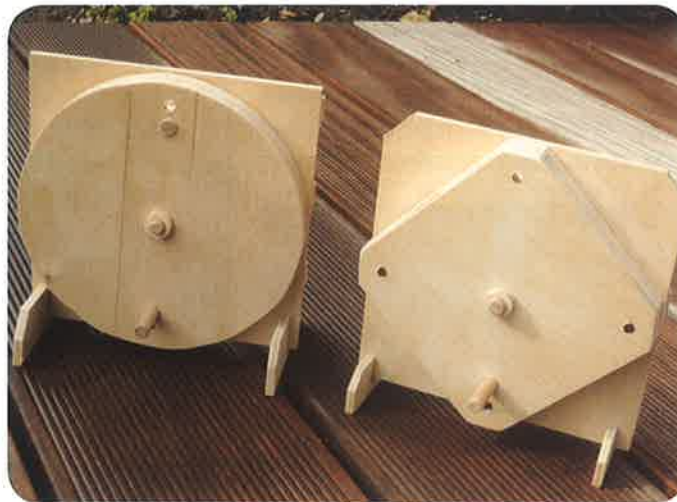


Abb. 4: Kreis- bzw. Achteckform des Drehkörpers

Drehkörper

Bei dieser Variante wird ein Drehkörper als Transportmechanismus gewählt. Das kann eine kreisrunde Scheibe, 20 mm stark, aus gewachsenem Holz oder Holzwerkstoffen wie Span-, Sperrholz- oder Verbundplatte sein. Die runde Form bietet sich als „Drehkörper“ an. Der Durchmesser beträgt 160 mm.

Alternativ kann auch eine quadratische Platte mit einer Kantenlänge von 124 mm genutzt werden. Das bedeutet einerseits eine Materialersparnis und ist andererseits einfacher herzustellen. Bei dieser Platte werden lediglich die vier Ecken abgesägt, damit sie nicht über das Gestell hinausragen, was die Schüler mit einer Feinsäge problemlos bewältigen können. Auf diese Weise entsteht ein Achteck (siehe Arbeitsblatt 2).

Wie wird der Mittelpunkt des Quadrates festgelegt und welchen Durchmesser muss die Bohrung haben?

Im Mittelpunkt wird eine Bohrung von 8,5 mm vorgenommen. Diese dient dazu, dass die Scheibe in den Stift der Gestellwand geschoben wird. Dadurch

kann sich der Drehkörper kontinuierlich drehen. Damit dieser nicht herunterfällt, wird ein „Sperrring“ aus Sperrholz aufgesetzt.

Wie groß muss der Abstand der Bohrungen zur Aufnahme der Kugeln vom Mittelpunkt aus sein? Welche Tiefe sollten die Bohrungen haben? Wie viele Kugelbohrungen sind sinnvoll?

Bohrerdurchmesser $d = 20$ mm, Abstand zum Mittelpunkt $A = 66$ mm. Das ist sinnvoll, denn unten rollt die Kugel so in die tiefer liegende Bohrung, und oben rollt sie nach außen auf die Bahn. Darauf sollte hingewiesen werden, da die Schüler selbst nicht auf diese Notwendigkeit kommen!

Die Tiefe der Bohrung beträgt 18 mm, der Tiefenanschlag sollte genutzt werden. Somit hat die Kugel mit 16 mm Durchmesser genügend Spielraum (siehe Arbeitsblatt 2). Auf dem quadratischen Drehkörper können bis zu vier Bohrungen vorgesehen werden, auf dem runden Drehkörper dagegen ein Dutzend oder mehr. Sind viele Bohrungen vorhanden, lässt sich die Bahn mit mehreren Kugeln, die gleichzeitig rollen, betreiben.

Welche konstruktive Hilfe sollte eingebaut werden, um die Kugel nach außen abzulenken?

Ein kleiner „Ablenkeil“ (ca. $8 \times 4 \times 9$ mm) auf die Innenseite zum Scheibenmittelpunkt hin eingeleimt, lässt die Kugel nach außen rollen.



Abb. 5: Ablenkeil

Welches Hilfsmittel muss man einbauen, um die Scheibe drehen zu können?

Auf der Rückseite wird ein Rundholz als Kurbelgriff in eine Bohrung eingeleimt. Es ist sinnvoll, die Kurbel so zu positionieren, dass sie genau in Richtung der Kugelbohrungen liegt. Würde man kontinuierlich die Scheibe drehen, so würden die Kugeln weder ein- noch ausrollen. Hält man jedoch die Drehscheibe in oberster und in unterster Stellung kurzzeitig an, so rollen die Kugeln in die vorgesehene Position. Mit der Position des Kurbelgriffes kann beim Drehen die „Oben-/Untenstellung“ besser eingehalten werden.

Kugelbahnen

Wie wird eine Bahn hergestellt? Wie lang sollte eine Bahn sein? Wie viele Bahnen sollten genutzt werden? Wie verhindert man, dass eine Kugel auf der darunter liegenden Bahn über die Kante springt? Welcher konstruktive Trick hilft dabei, die Kugel in die untere Bohrung zu lenken?

Diese Bahnen bestehen bei dieser Lösung aus maximal sechs gleichen Winkleisten: Länge jeweils 95 mm, Bahneninnenbreite 18 mm, Außenleiste 12 mm. Die Sperrholzstärke beträgt 5 mm. Die Leisten werden in einem Winkel von 4° zur horizontalen Kante des Gestells angeleimt. Die oberen Enden der Bahnen schließen mit der Außenkante des Gestells ab. Hier sollte dem Schüler jedoch erlaubt werden, eigene Bahnenlängen und Neigungen ausprobierten.

Die unterste Bahn bekommt einen „Kugelabweiser“, der die herunterrollenden Kugeln in den Durchlass des Gestells bzw. in die Bohrungen der Drehscheibe lenkt. Das ist ein keilförmiges Holzstück, das passend in die Bahn geleimt wird.

Die hier vorgestellte Aufgabe hat sich auf den Transport mehrerer Kugeln durch eine gleichmäßige

Drehbewegung konzentriert. Das Thema sollte sich jedoch möglichst nicht in einem „Nachbauen“ einer Vorlage erschöpfen. Den Schülerinnen und Schülern sollte, wie eingangs dargestellt, viel Spielraum zum Experimentieren und Konstruieren gegeben werden.



Abb. 6: Kugelabweiser



Abb. 7: Bahnenenden



Abb. 8: Variante

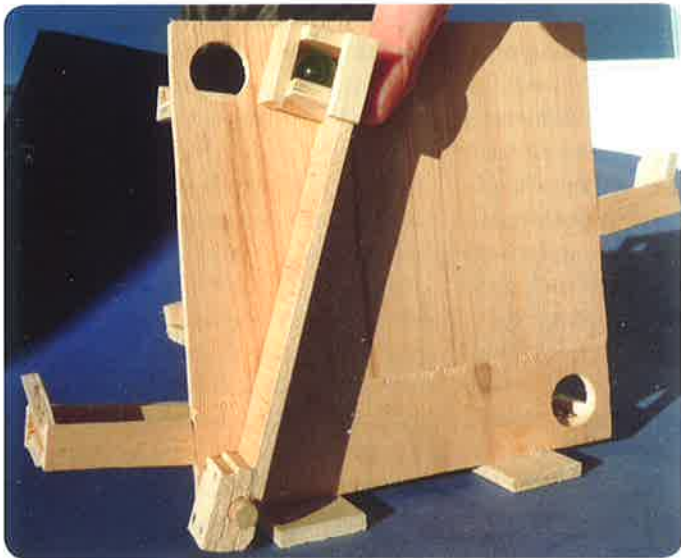


Abb. 9: Transport mittels Hebel

VARIANTEN

Der oben vorgestellte Kugellift erfüllt die Anforderungen des Themas.

Die Schülerinnen und Schüler sollen jedoch selbst kreative Lösungen erarbeiten. Art des Sockels, Form des Gestells, Länge, Neigung und Anzahl der Bahnen, Konstruktion der Bahnenden bieten Raum für vielerlei individuelle Varianten. Die anspruchsvollste Aufgabe ist jedoch die Konstruktion einer individuellen Lösung für den Transportmechanismus.



Abb. 10: Die Bohrungen befinden sich links unten und links oben

Hier sei exemplarisch für viele weitere Möglichkeiten zum Transport der Kugeln eine weitere Art kurz dargestellt. Mithilfe eines Hebels wird jeweils eine Kugel um einen Drehpunkt in einem 90°-Winkel nach oben transportiert (siehe Abbildung 9). Es ergeben sich mehrere Lösungen, was den Drehpunkt des Hebels und auch die Anordnung der Bohrungen für den Kugeldurchlass betrifft. Denkbar wäre die Er-

weiterung der Konstruktion um eine Schnur, mit der der Hebel sich von vorn bedienen lässt sowie einen Anschlag für die Endposition.



Abb. 11: Drehung des Hebels um 45°

Die Bohrung einer weiteren Variante (siehe Abbildungen 10 und 11) befinden sich auf der linken Seite. Der Hebel wird nur um etwa 45° gedreht.

Zur einfachen Bedienung von vorn kann der Hebel links vom Drehpunkt verlängert werden. Weiterhin ist im oberen Bereich ein Anschlag in der Position, die für das Herausrollen günstig ist, sinnvoll.

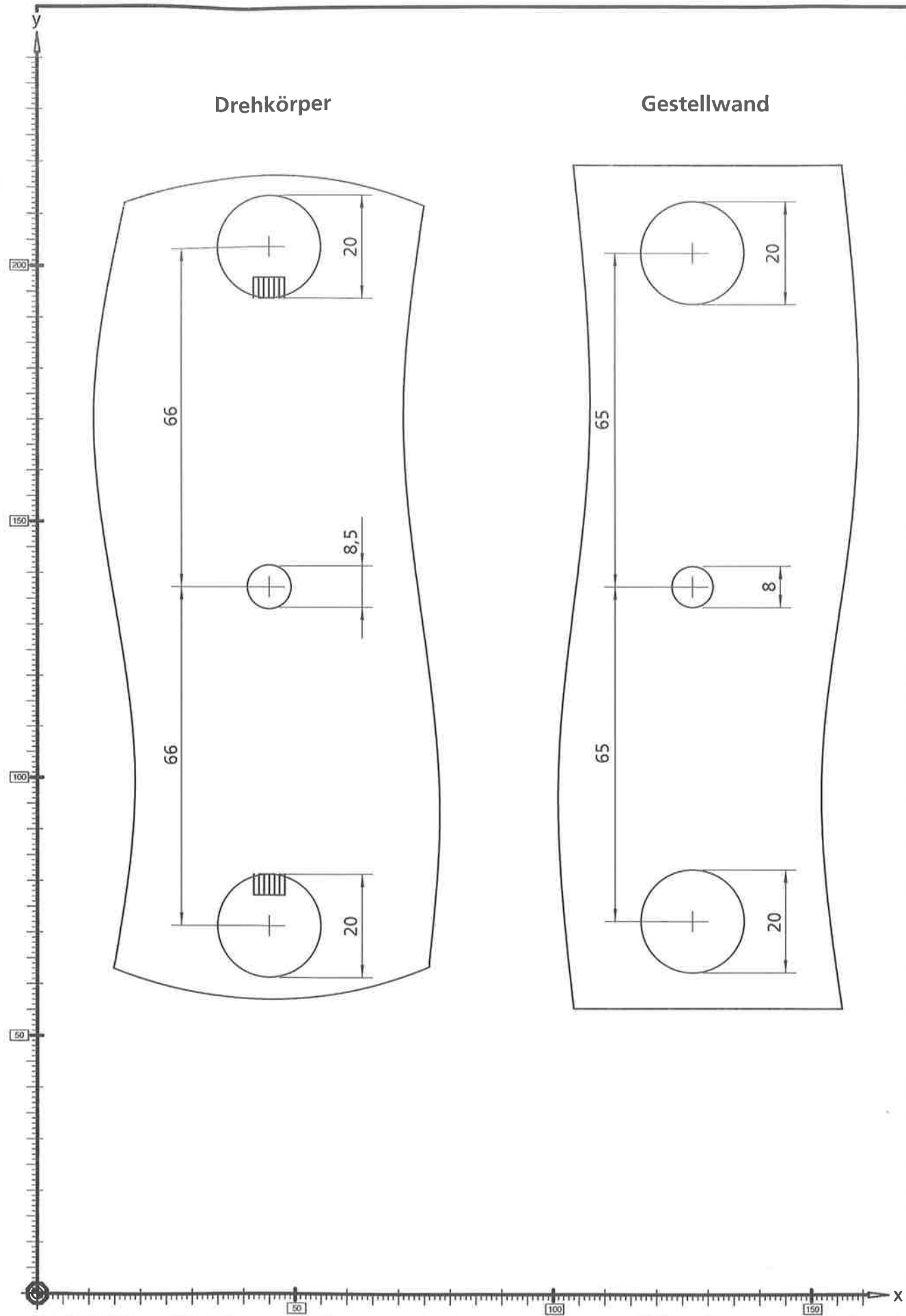
Dass bei diesen Varianten jedoch nur eine Kugel transportiert werden kann, ist ein gewisser Nachteil. Mit mehr Kugeln kommt mehr Spielspaß auf.

Diese Aufgabenstellung bietet dem Lehrer viele Möglichkeiten zu differenzieren und den Schülern individuelle Wege zu eröffnen. Schwächere Schüler können sich an der Fertigungsaufgabe orientieren und diese gegebenenfalls noch im Rahmen ihrer Leistungsfähigkeit variieren. Bei der Leistungsbeurteilung ist der Grad der individuellen Problemlösungen entsprechend zu berücksichtigen. Die Schüler müssen jedoch bereits zu Beginn der Aufgabenstellung darauf hingewiesen werden und die für die Beurteilung wesentlichen Kriterien kennen.

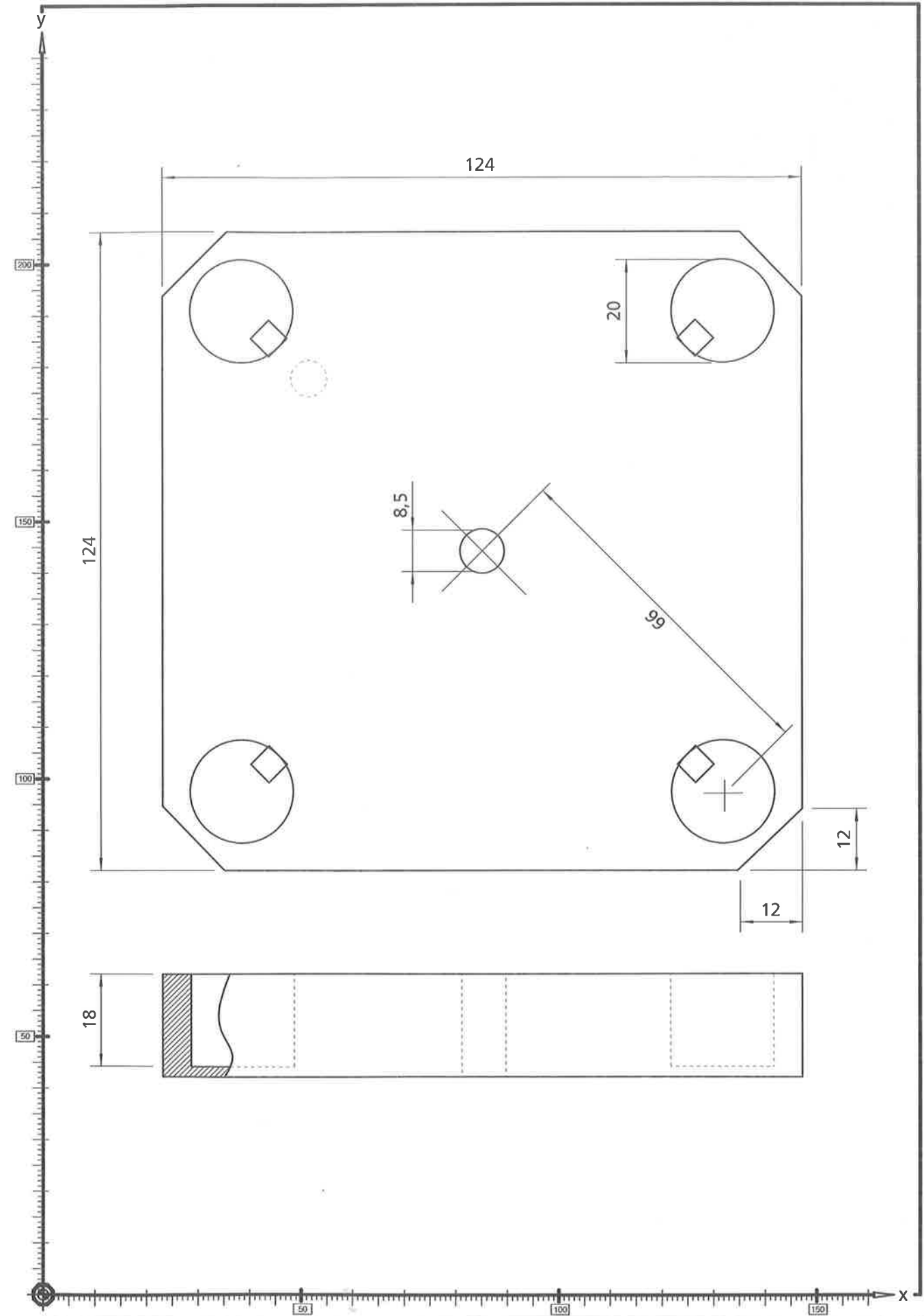
RESUMEE

Technikthemen, die etwas Bewegliches beinhalten, sind sowohl eine besondere Herausforderung bei der Herstellung als auch als fertiges Werkstück. Ihr pädagogischer Nutzen ist geprägt von vielen planenden Gedankengängen und Entscheidungen. Dementsprechend ist eine Fülle von Erfahrungen und Erkenntnissen damit verbunden, was die Einheit pädagogisch wertvoll macht.

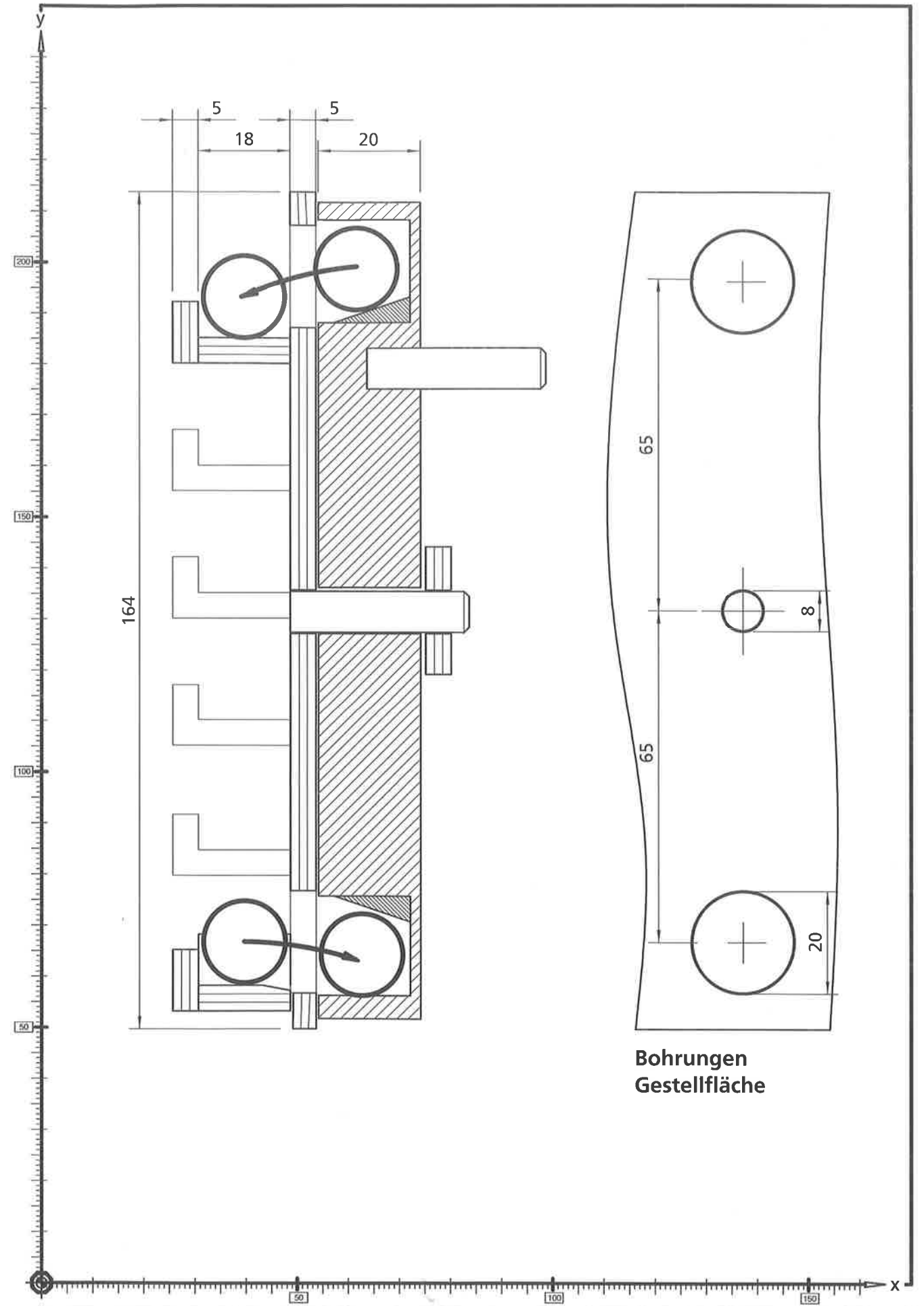
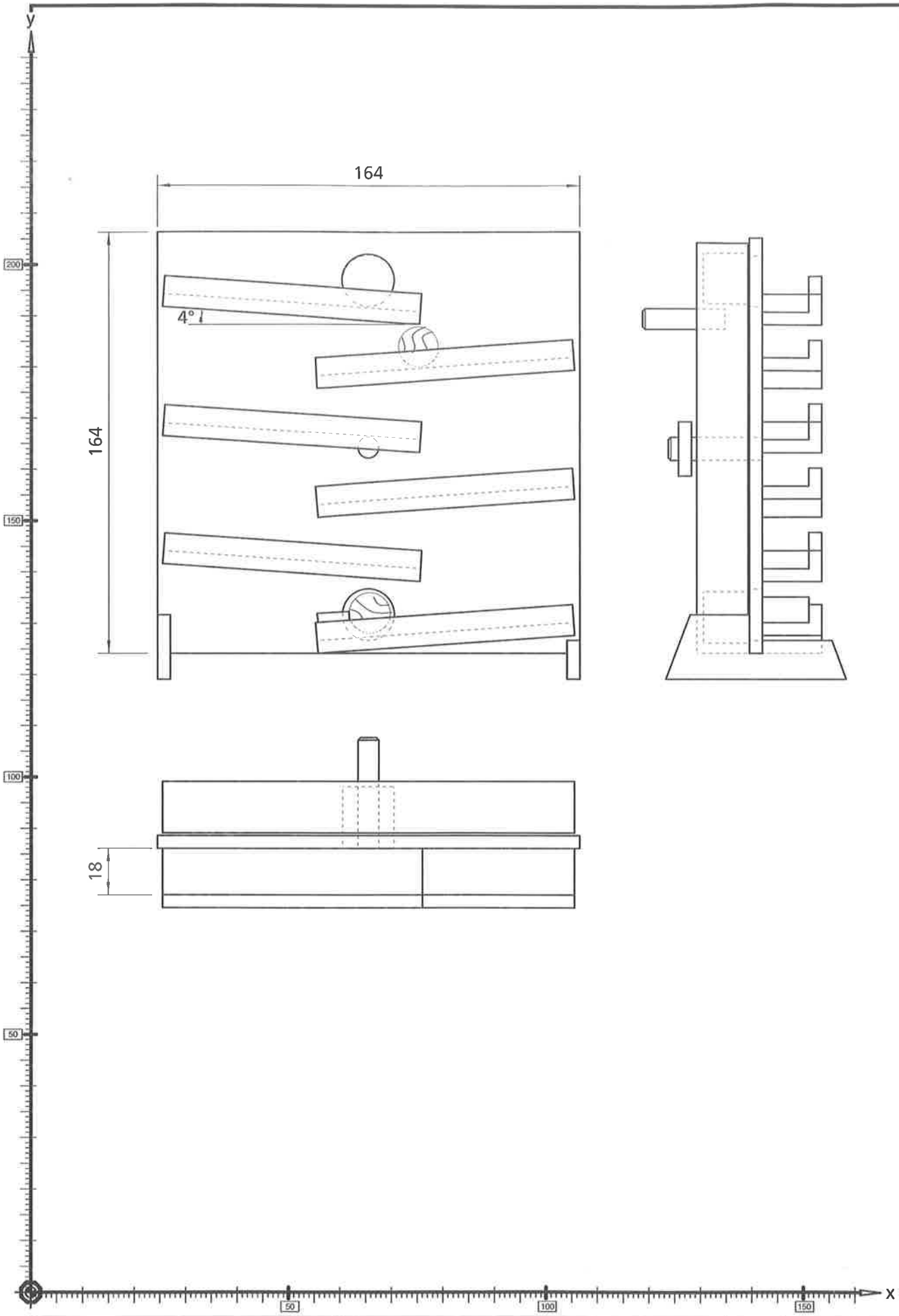
Autor: Wilhelm Dold, St. Georgen
wdold1@t-online.de



Name:		Kugelbahn/Kugellift	Maßstab: 1:1
Klasse:	Datum:		Blatt-Nr.:
		Details: Bohrungen	



Name:		Kugelbahn/Kugellift	Maßstab: 1:1
Klasse:	Datum:		Blatt-Nr.:
		Drehkörper	



Name:		Kugelbahn/Kugellift	Maßstab: 1:2
Klasse:	Datum:		Blatt-Nr.:
		Dreiseitenansicht	

Name:		Kugelbahn/Kugellift	Maßstab: 1:1
Klasse:	Datum:		Blatt-Nr.:
		Querschnitt/Bohrungen Gestell	

Bohrungen
Gestellfläche

TECHNIK STUNDE 217

ARBEIT UND PRODUKTION



Kugeltreppenlift mit Kugelbahn

mit 4 Arbeitsblättern

KLASSE

ab 8. Klasse

ZEIT

9 Unterrichtsstunden

MATERIALIEN

Holzleisten 20 x 20 mm, 20 x 5 mm,
40 x 5 mm, Räder Ø 20 mm, Rund-
holz, Glasmurmeln

WERKZEUGE

Säge, Bohrer, Stechbeitel, Raspel,
Feile, Schleifmittel

KOSTEN

€ 2–3

Unterrichtspraxis, AuP, 1

VORÜBERLEGUNGEN

Der erste Eindruck eines funktionierenden Modells eines „Kugeltreppenlifts“ ist faszinierend. Werden doch durch eine gleichmäßige Drehbewegung an einer Kurbel Kugeln (Glasmurmeln) von einem niedrigen Niveau auf ein höheres transportiert. Die Gleichmäßigkeit der Bewegung der aufsteigenden Kugeln, das Übergeben an eine Kugelbahn und der erneute Vorgang erfreuen nicht nur Schülerherzen, sondern auch Erwachsene. Die Technik, die hinter dieser Aufgabe steckt, ist vielfältig. Mehrere physikalische Gesetze wirken hier und bilden im Zusammenspiel eine funktionierende Einheit. Der optische Reiz ist das eine, die Erkenntnisse und Erfahrungen, die bei der Herstellung daraus gewonnen werden, ist die andere Seite. Es werden bleibende Erlebnisse daraus!

Der Umgang mit Material ist eine immer wiederkehrende neue Herausforderung. Denn gerade bei Holz in seiner Individualität kann nicht immer davon ausgegangen werden, dass die vorhergehende Erfahrung auch bei der nächsten Konstruktion eins zu eins eingebracht werden kann. Härte, Faserverlauf, Maße usw. machen zuweilen ein Umdenken und Anpassen notwendig. Genaues Arbeiten ist bei diesem Werkstück besonders gefordert, da nicht einfach Teile aneinandergesetzt werden, sondern sich diese bewegen, sie reiben aneinander und müssen doch geführt werden. Abstände müssen eingehalten werden.

Es werden keine außergewöhnlichen Werkzeuge für diese Aufgabe gebraucht. Um die Schrägen in immer gleichen Winkeln (Stößel) zu sägen, wird eine Gehrungssäge verwendet. Diese kann man auf genau 15 Grad einstellen, sodass lediglich die Längen abgemessen und angerissen werden brauchen. Rechtwinklige Schnitte können mit der Feinsäge und der Gehrungslade ausgeführt werden. Der Einsatz eines Stechbeitels im Sockel ist leicht auszuführen. Das Raspeln der Laufrinnen an den

Stirnseiten der Stößel erfordert etwas Geduld und ausdauernden Einsatz. Aber mit dem richtigen Einspannen und der richtigen Einstellung schaffen das die Schüler.

Die Konstruktion des Kugeltreppenlifts ist einfach gehalten. Kein Teil ist zu viel, getreu dem Motto „reduce to the max“! Dadurch wird das Ganze überschaubar.

Ein weiteres nicht zu unterschätzendes Merkmal ist, dass alle Materialien, Leisten, Räder, Rundhölzer als Halbfabrikate im Baumarkt und im Fachhandel zu beziehen sind. Die Anzahl der Materialabmessungen reduziert sich auf ein Minimum. Die Zeit der Vorbereitung für den Fachlehrer beschränkt sich auf die Beschaffung des Materials, alle weiteren Arbeitsschritte können die Schüler selbst erledigen.

Es gilt nur noch, den Unterrichtsablauf zu strukturieren. Die Hinführung zum Thema, das Analysieren des Modells zum Verständnis, das Erkennen von Arbeitsschritten, die Einteilung vom Werkzeugeinsatz und die individuelle Gestaltung der Kugelbahn sollten vorbesprochen und konkretisiert werden. Je nach Größe der Klasse, nach Werkzeugbestand, nach Vorwissen der Schüler im Umgang mit Material, Werkzeug und mit dem Lesen von Zeichnungen und Stücklisten muss das Thema unterschiedlich angegangen werden.

IDEE UND TECHNIK

Die Aufgabe gliedert sich in zwei Schwerpunkte (s. Arbeitsblatt 1):

- Der „Kugeltreppenlift“ ist der Mechanismus, der die Kugeln von einem niedrigen Niveau auf ein höheres transportiert.
- Die „Kugelbahn“ lässt die Kugeln aufgrund der Schwerkraft in einer individuell gestalteten Bahn nach unten rollen.

KUGELTREPPENLIFT

Mithilfe einer Kurbel wird eine Welle angetrieben. Auf dieser Welle befinden sich Räder, die jedoch exzentrisch aufgebracht sind. Beim Drehen werden die Außenkonturen der Räder in der Kreisbewegung nicht in gleichmäßigen Abständen bewegt, sondern in einem maximalen und einem minimalen Abstand. Schleift nun ein in geradliniger Bewegung gehaltener Stößel daran, so vollzieht dieser eine Hin- und Her- bzw. Auf- und Abbewegung. Das Maß der linearen Bewegung beträgt zweimal den Abstand der Rädermitte zum exzentrischen Drehpunkt. Im Falle unserer Exzentermaße liegt der Drehpunkt = Bohrpunkt 6 mm außerhalb der Mitte. Dieses Maß multipliziert mit 2 ergibt einen Hub von 12 mm. Anders gemessen: Der Bohrpunkt liegt von der Peripherie 4 mm entfernt!

Ein Stößel wird somit 12 mm linear bewegt. Eine Kugel auf dem abgeschrägten Stößel wird aufgrund der eigenen Schwerkraft dann auf einer schiefen Bahn mit einer Neigung von 15 Grad nach unten gelenkt. Die Differenz der schiefen Ebene vom Höchst- bis zum Niedrigpunkt beträgt ca. 5 mm (minimal gerundet). Das bedeutet, dass der Hub von 12 mm wieder um 5 mm an nutzbarer Höhe verliert, aber immer noch 7 mm beträgt.



Abb. 1: Einzelteile

Genau genommen würde ein Exzenter mit einem Abstand zur Mitte von 5 mm ausreichen. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass durch kleine Ungenauigkeiten in der Stößellänge, in der Schräge des Stößels, in der Tiefe der ausgehobenen Rinne, im Bohrabstand des Rades, schließlich im Versatz der Exzenteräder zueinander eine Hubtoleranz sinnvoll ist, um einen reibungslosen Übergang von einem Stößel zum nächsten zu gewährleisten. Man erspart sich somit viel Zeit, denn ein Nacharbeiten ist nicht mehr notwendig.

Hier ist der Transfer zum Motorenbau herzustellen. Beim Ottomotor müssen im richtigen Augenblick die Ventile geöffnet und geschlossen werden. Eine „Nockenwelle“, die von der Pleuelwelle angetrieben wird, bewegt Stößel und je nach Konstruktion auch Kipphebel, um zum richtigen Zeitpunkt die Ventile zu betätigen. In dem Zusammenhang sollte aber auch die Unterscheidung zur Pleuelwelle dargestellt werden. Die Pleuelwelle wird durch die Bewegung der Pleuelstangen angetrieben. Eine geradlinige Bewegung wird zur Drehbewegung umgeformt. Die Nockenwelle wird angetrieben und ihre Bewegung wird in eine geradlinige Bewegung umgeformt. Das ist die umgedrehte Bewegungsumwandlung!

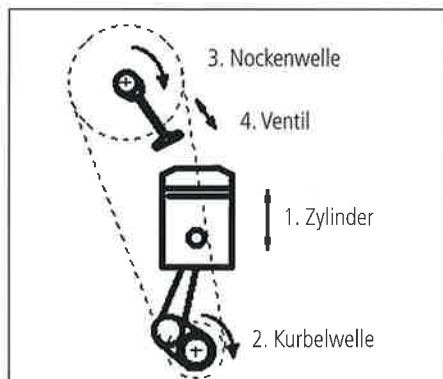


Abb. 2: Nockenwelle

Die Maße sind so ausgelegt, dass die Funktion dieses Zusammenspiels nur dann gewährleistet ist, wenn der Versatz der Exzenteräder zueinander 180 Grad beträgt. Höchststand des einen Stößels bedingt den Niedrigstand des nächsten Stößels. Nur so ist ein sicheres Rollen der Kugeln möglich.

Der Übergang des letzten Stößels auf die lange Stütze erfordert ebenfalls eine Höhendifferenz. Die Stütze ist um 15 Grad abgeschrägt, sodass die Kugel gleich links abrollen kann. Ein „Geländer“ an der Stirnseite verhindert, dass die Kugel über die Stütze hinausschießt.

Die kleine Stütze hat ebenfalls die Abschrägung sowie das „Geländer“, um die Kugel in Richtung der Stößel ablenken zu können.

KUGELBAHN

Die Kugelbahn besteht aus einem „Grundbrett“ mit einer Größe von 164 x 40 mm. Die Höhendifferenz vom Höchstpunkt bis unten beträgt etwa 10 mm.

Die Kugel, die von der oberen Stütze mit einer Eigengeschwindigkeit auf das Brett rollt, muss so gelenkt werden, dass sie im rechten Winkel seitlich auf die untere Stütze zu rollt.

Hier gibt es verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten. Die Kugel braucht „Leitplanken“, um sie hinsichtlich Geschwindigkeit und Richtung auf die richtige Bahn zu lenken.

Das Brett ist mithilfe einer Raspel zu bearbeiten, dass eine Rinne entsteht. Deshalb müssen die Leitplanken aufgesetzt werden. Dazu bieten sich Rundholzstückchen mit einem Durchmesser von 4 mm an, die auf eine bestimmte Länge geschnitten sind und dann aufgeklebt werden, oder zugeschnittene Holzleistchen vom Grundmaterial

20 x 5 mm auf das Maß 3 x 5 mm zugeschnitten. Wie die Rundhölzer werden sie in der Länge nach Bedarf abgelängt und aufgeklebt. Die dritte Möglichkeit – und keineswegs die schlechteste – ist das Aufkleben von Kordeln, die die Kugeln in Kurven zum Ziel lenken. Diese Methode hat den Vorteil, dass die Kugeln entsprechend dem Verlauf der Kordel rund rollen und keine Schlaggeräusche an den Leitplanken erzeugen.

Natürlich sind auch Kombinationen all dieser Möglichkeiten erlaubt. Den Schülern sollte die Freiheit zum Experimentieren gegeben werden, und das in zweierlei Hinsicht: Einerseits können sie das Material aussuchen, das sie verwenden, und andererseits können sie den Verlauf selbst bestimmen. Die Aufgabe lautet lediglich, dass die Kugeln zum Anfangspunkt zurückkehren müssen, um wieder nach oben transportiert zu werden.



Abb. 3: Variationen Kugelbahn

UNTERRICHTSVERLAUF

MOTIVATION

Der problemloseste Einstieg erfolgt, wenn man ein reales Objekt vorzeigt, da rollende Kugeln immer eine große Faszination ausüben. Kugelbahnen im Besonderen sprechen viele Sinne an: Man kann etwas sehen, hören und fühlen. Und wenn man im ersten Augenblick die Funktion speziell des Kugeltreppenlifts nicht genau versteht, hat das Ausprobieren einen zusätzlichen Reiz.

Der Wunsch, eine solche Anlage selbst zu bauen, kommt in der Regel von Schülerseite spontan. Die Vorfreude ist bei diesem Thema sofort vorhanden und dies gilt es zu nutzen.

VORBEREITUNG

Wie oben erwähnt, ist es von großem Vorteil, wenn ein Realobjekt gezeigt werden kann. Das setzt voraus, dass der Lehrer einen Kugeltreppenlift bereits gebaut hat. Um die Bereitstellung zu erleichtern, ist hier eine Materialliste für ein Modell aufgeführt:

- 615 mm Kiefernleiste 20 x 20 mm
- 350 mm Kiefernleiste 20 x 5 mm
- 164 mm Kiefernleiste 40 x 5 mm
- 185 mm Buche-Rundholz $D = 4$ mm
- 6 Stück Kiefernräder $D = 20$ mm
- 2 Stück Furnier (o. Ä.) 20 x 20 mm

Entsprechend der Anzahl der herzustellenden Modelle muss das Material zur Verfügung gestellt werden. Der Lehrer braucht keine maßgerechten Zuschnitte vorbereiten, lediglich die Leistenlängen (z. B. 2-m-Leisten) sind in schülergerechte Gesamtlängen (z. B. ca. 615 mm) zuzuschneiden. Alle anderen Maße sind von den Schülern selbst herzustellen (s. Arbeitsblatt 2).

HINFÜHRUNG

Das Gesamtmodell als Vorbild vorliegen zu haben ist natürlich gut, Schüler haben jedoch in der überwiegenden Zahl nicht die Fähigkeit, daraus die Arbeitsschritte und die Maße der einzelnen Teile selbst abzuleiten. Deshalb muss in Schritten vorgegangen und Denkanstöße gegeben werden:

1. Das Objekt analysieren: Welche verschiedenen Teile sind vorhanden? Wie könnte man sie benennen? Welche Funktion haben sie? Welche gleichen Maße sind vorhanden? Welche Arbeitsschritte sind in welcher Reihenfolge notwendig? Diese Analyse ist notwendig, um das Objekt zu durchschauen und

richtige Entscheidungen für die Herstellung zu treffen.

2. Maße erarbeiten: Wie lang müssen die Teile sein? Welche Winkel sind vorgegeben? Mit welcher Säge kann ich diesen Winkel direkt einstellen? Am Realobjekt alle Maße abzumessen und zu übertragen ist mühselig und wahrscheinlich auch ungenau. Außerdem würden zu viele Schüler gleichzeitig abmessen wollen, was zu einem großen Chaos führen würde. Nach dieser Überlegungsphase sollte auf den nächsten sinnvollen Schritt hingewiesen werden:

3. Nach Zeichnung arbeiten: Wo kann ich die Teile in einer Liste einsehen, welche Maße haben die Teile? Wie gehe ich am geschicktesten vor, um möglichst wenig Sägeschnitte durchführen zu müssen?

HERSTELLUNG

Teile vorbereiten

Die Rohmaterialien werden zur Verfügung gestellt. Zunächst müssen die Längen zugeschnitten werden. Für gerade Schnitte kann man Feinsägen mit einer Gehrungslade verwenden, für die schrägen Schnitte (= 15 Grad) sollten die Gehrungssägen verwendet werden, da dieser Winkel fix eingestellt werden kann.

Je nach Anzahl der zur Verfügung stehenden Gehrungssägen müssen die Arbeiten organisiert werden. Es kann nicht sein, dass ein Schüler an einer Säge alle seine Teile zusägt und andere auf den Einsatz warten. Deshalb sollten sich die Sägeschnitte mit geraden und schrägen Schnitten abwechseln:

Gerade Schnitte: Stößel, Stützen, Winkel, Seitenleisten, Kurbel, Welle, Griff.

Schräge Schnitte: Stößel, Sockel.

Zu bedenken ist, dass mit einem schrägen Schnitt zwei Winkeleinheiten gesägt sind. Für die sechs Stößel sind deshalb nur drei schräge Schnitte



Abb. 4: Gehrungssäge – 15-Grad-Schnitt

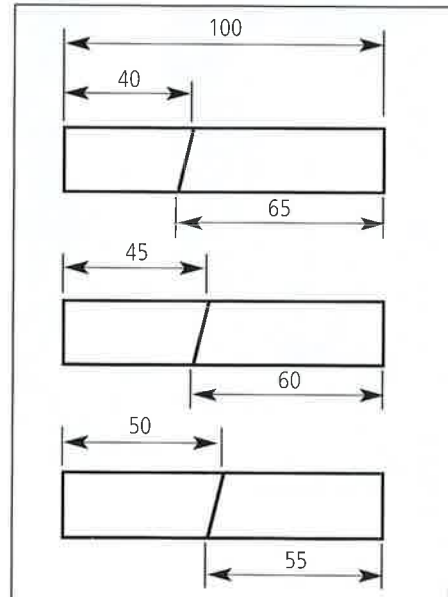


Abb. 5: Zuschnitt Stößel

notwendig (s. Arbeitsblatt 4). Günstigerweise richtet man drei rechtwinklige Stücke mit 100 mm Länge, die dann schräg zu 40/65 mm, 45/60 mm und 50/55 mm geschnitten werden.

Ein 30 mm langes gerades Stück wird durch einen Sägeschnitt in zwei „Winkel“ gesägt.

Sind die Teile zugesägt, werden diese weiter bearbeitet: Die Sockel bekommen eine Aussparung, sodass die Stützen einen festen Sitz haben. Die Position der Stützen wird markiert. Mit einer Fein- oder Puksäge wird bis auf eine Tiefe von 5 mm eingesägt. Das Material zwischen den beiden Sägeschnitten wird mit einem Stechbeitel herausgearbeitet. Das Verleimen erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

Die Stützen benötigen eine Abschrägung und ein „Geländer“, damit die Kugeln in die richtige Richtung rollen. Zuerst wird mit einer Puksäge auf der einen (rechten) Seite ein Schnitt in das Stirnholz



Abb. 6: Rinne für Stößel raspeln/feilen

ausgeführt, der Abstand zur Kante beträgt 4 mm. Anschließend wird mit der Gehrungssäge von der Seite bis zum vorher eingesägten Schnitt die Schräge abgesägt.

Beide Stützen benötigen für die Lagerung der Welle eine Bohrung von 4,5 mm. Der Abstand der Bohrstelle von unten beträgt 15 mm, in der Breite ist diese genau in der Mitte (s. Arbeitsblatt 3).

Die Stößel brauchen eine Rinne, in der die Kugel in eine Richtung gelenkt wird und nicht nach außen abfällt. Die einfachste Lösung ist, wenn man die Stößel in die Hobelbank so einspannt, dass die Abschrägung parallel zur Tischfläche verläuft. Nun wird mit einer Halbrundraspel (Durchmesser ca. 16 mm) die Rinne herausgearbeitet.

Später wird mit einer Rundfeile und mit Schleifpapier die Oberfläche der Rinne geglättet. Je nach Beschaffenheit des Holzes muss etwas Geduld aufgebracht werden, denn die Stirnholzjahresringe sind hart. Man benötigt schon etwas Zeit, um eine etwa 3 mm tiefe Rinne herauszuarbeiten.

Schließlich müssen die Räder exzentrisch gebohrt werden. Damit nicht alle Schüler alle sechs Räder anzeichnen müssen, sollte auf der Ständerbohrmaschine ein Maschinenschraubstock befestigt werden, der so positioniert ist, dass die Bohrmitte



Abb. 7: Übergang Kugelbahn – Stütze – Stößel



Abb. 8: Räder exzentrisch bohren

für alle Schüler das gleiche Maß hat. Da die 4-mm-Bohrung nur 2 mm vom Rand des Rades entfernt ist, muss die Maserung quer verlaufen.

Dadurch wird verhindert, dass der sehr schmale Rand ausbricht. Diese Tatsache gilt es zum Thema zu machen. Am besten man zeigt, wie ein falsch eingespanntes Rad beschädigt wird und damit nicht zu gebrauchen ist.

Alle Teile sind nun maßgerecht vorgerichtet und bearbeitet. Es erfolgt nun der zweite Schritt:

Montage Kugeltreppenlift

Die Räder werden auf die Welle geschoben und im Wechsel um 180 Grad gedreht. Die Positionen in der Längenausdehnung werden am besten so festgelegt, indem man die Stützen einerseits und die Stößel andererseits nebeneinanderlegt, um so die Abstände zu ermitteln. Das Anbringen der Kurbel muss berücksichtigt werden, diese wird jedoch noch nicht befestigt. Die Räder und die Welle werden seitlich dann mit etwas Holzleim betupft.

Die Stützen werden in die Aussparungen der Sockel geleimt. Es ist darauf zu achten, dass sie exakt senkrecht ausgerichtet sind. Die Welle mit den Rädern wird in die Bohrungen der Stützen gesteckt. Die Antriebskurbel kann sowohl an der kleineren wie auch auf der längeren Stützenseite vorgesehen werden.

Die beiden Seitenleisten halten sowohl die beiden Stützen im angemessenen Abstand, sind aber auch „Führungsleisten“ für die Stößel. Da die Materialstärke von Stützen und Stößel gleich ist, muss ein Abstand der Seitenleisten vorgesehen werden, um die Reibung dazwischen zu verhindern. Auf die Leiste, die auf der Außenseite vorgesehen ist, ist deshalb eine Zulage vorzusehen. Materialgerecht ist ein Holzfurnier (20 x 20 x 0,5 mm). Dieser halbe Millimeter ist ausreichend, dass die Stößel sich innerhalb dieser „Führungsleisten“ gut bewegen können. (Ist kein Furnier vorhanden, kann auch Pappe in entsprechender Stärke benutzt werden. Allerdings ist dies nicht direkt materialgerecht.)

Die Leisten müssen nun seitlich verleimt werden. Der Abstand von unten vom Sockel aus beträgt 25 mm. Um dieses Maß einhalten zu können, fertigt man aus Abfallholz am besten Abstandshölzer an (können unter den Schülern ausgetauscht werden), die man beim Leimen unterlegt. Damit die Abstände zwischen den Stützen stimmen, müssen die Stößel dazwischengelegt und ein kleiner Spielraum vorgesehen werden. Ohne Belastung lässt man die Verleimung trocknen. Ein Verdübeln der Seitenleisten mit den Stützen ist nicht notwendig. Die Leimverbindung ist nach dem Abbinden stabil genug. Das zeigt sich dann, wenn aus irgendwelchen Gründen die Verbindung gelöst werden muss: Bevor sich der Leim löst, wird das Holz gespalten. Nun kann von außen die Kurbel mit dem Griff auf die Welle aufgeleimt werden. Der erste Test, ob die Stößel sich ohne Probleme auf- und abbewegen, kann erfolgen.

Herstellung und Montage Kugelbahn

Beim Kugelbahnbrettchen sollte die untere Innenkante noch etwas abgeschrägt werden, damit die Stößel bei der Aufwärtsbewegung später nicht einhaken, sondern abgelenkt werden. Es wird mithilfe der beiden Winkel an die Stützen geleimt. Die Winkel geben dem Brettchen die nötige Stabilität. Durch Versuche werden der Abstand und die Höhe an den Stützen festgelegt. Die Kugel soll ohne zu kanten auf das Brettchen bzw. vom Brettchen auf die Schräge der unteren Stütze rollen.

Die Kugel muss von der oberen zur unteren Stütze in eine kontrollierte Bahn gelenkt werden. Das ist die strikte Vorgabe, die es einzuhalten gilt. Das 40 mm breite Brettchen gibt in Form und Materialwahl viele Möglichkeiten her, diese Bedingung zu erfüllen. Wie das verwirklicht wird, sollte nicht vorgegeben werden, sondern Schüler sollten vor allen Dingen zu kreativen Lösungen inspiriert werden. Das setzt andererseits voraus, dass das Vorzeigemodell ohne eigentliche Bahn hergestellt und vorgeführt wird. Die Schüler erkennen schon, worauf es schließlich ankommt. Die Vorschläge werden ohne Aufforderung gemacht.

Für den Lehrer gilt es, den Spielraum lediglich durch zur Verfügung gestellte Materialien zu öffnen. Rundhölzer ($D = 4$ mm), Leisten (5×3 mm), Kordel ($D = 4$ mm) sind vorsorglich bereitzulegen. In einer Experimentierphase wettstreiten die Schüler untereinander um eine gute Lösung. Am Ende muss die Bahn ihren Zweck erfüllen und funktionieren, doch sollte noch darauf hingewiesen werden, dass das Aussehen nicht vernachlässigt werden sollte, denn die Verarbeitung spielt schließlich auch eine Rolle.

Alle diese Materialien werden mit Holzleim auf das Brettchen aufgeleimt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass sparsam mit dem Leim umgegangen

wird, um keine unnötigen Flecken sichtbar werden zu lassen. Wird die Kordel als „Leitplanke“ verwendet, so muss diese beim Aufleimen mit Gewichten beschwert werden, damit sie nicht durch die Eigenspannung in ihre ursprüngliche Form zurückgebogen wird.

Oberflächenbehandlung

Kiefernholz bekommt durch eine Oberflächenbehandlung mit Wachs oder Öl eine etwas dunklere Färbung. Dadurch kommt die Maserung des Holzes besser zur Geltung und sieht deshalb auch besser aus. Durch die Feuchtigkeitsaufnahme des Holzes kann dies jedoch zu mehr Reibung der Stößel führen. Deshalb muss dann mit Schleifpapier die Leichtgängigkeit wiederhergestellt werden.

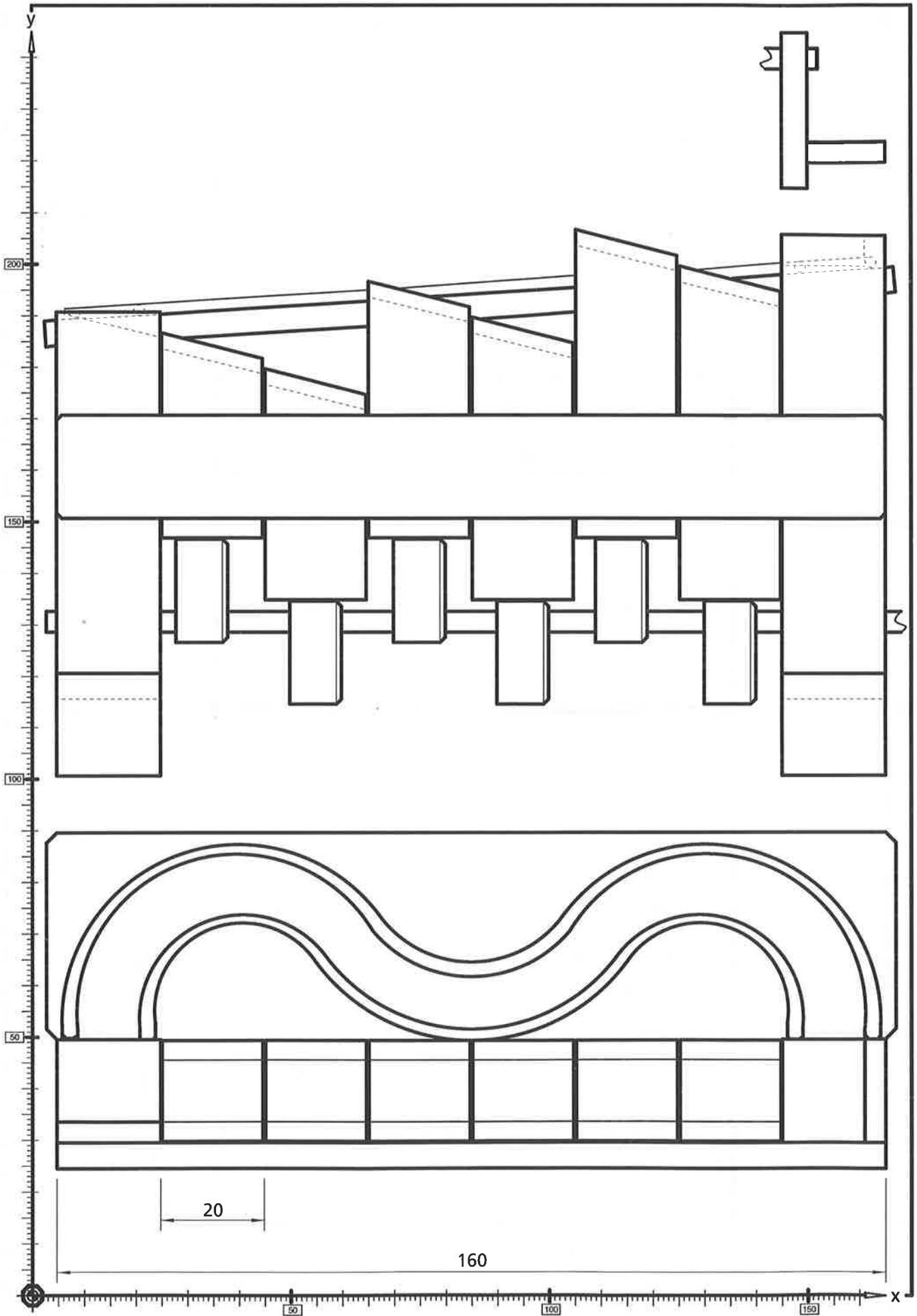
AUSBLICK

Werkstücke, bei denen sich etwas bewegt, die durch bestimmte Mechanismen funktionieren, sind bei den Schülern meist beliebter als statische Modelle. Der Reiz, die Zusammenhänge der Bewegung zu entdecken, weckt den Forschergeist im Schüler und die Aufmerksamkeit wird darauf gelenkt. Man kann damit nicht nur spielen, man kann etwas vorführen.

Der Kugeltreppenlift mit Kugelbahn ist ein solches Funktionsmodell, gibt aber in seiner Eigenart der aufsteigenden Kugeln ein interessantes Bild ab. Man glaubt, die drei Kugeln veranstalten ein Wettrennen. Nicht nur Schüler sind begeistert, auch beim Vorführen zu Hause und im Bekanntenkreis (und bei Kollegen) freut man sich über diese Anlage. So entstand die Idee, Kugeltreppenlifte in Serie zu bauen und bei einem Schulfest oder auf dem Weihnachtsmarkt zu verkaufen (s. TST 218).

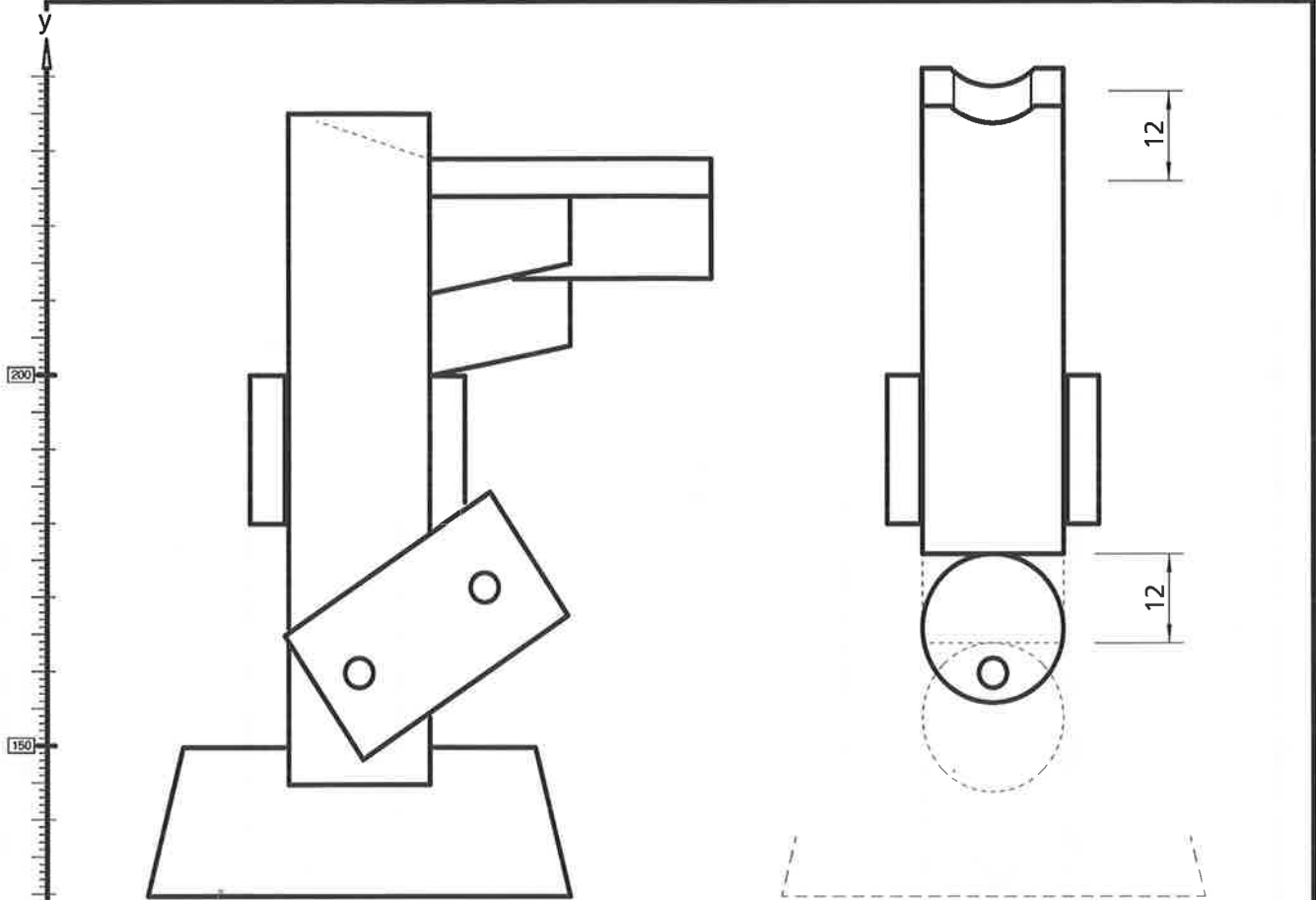
*Autor: Wilhelm Dold, St. Georgen
wdold1@t-online.de*





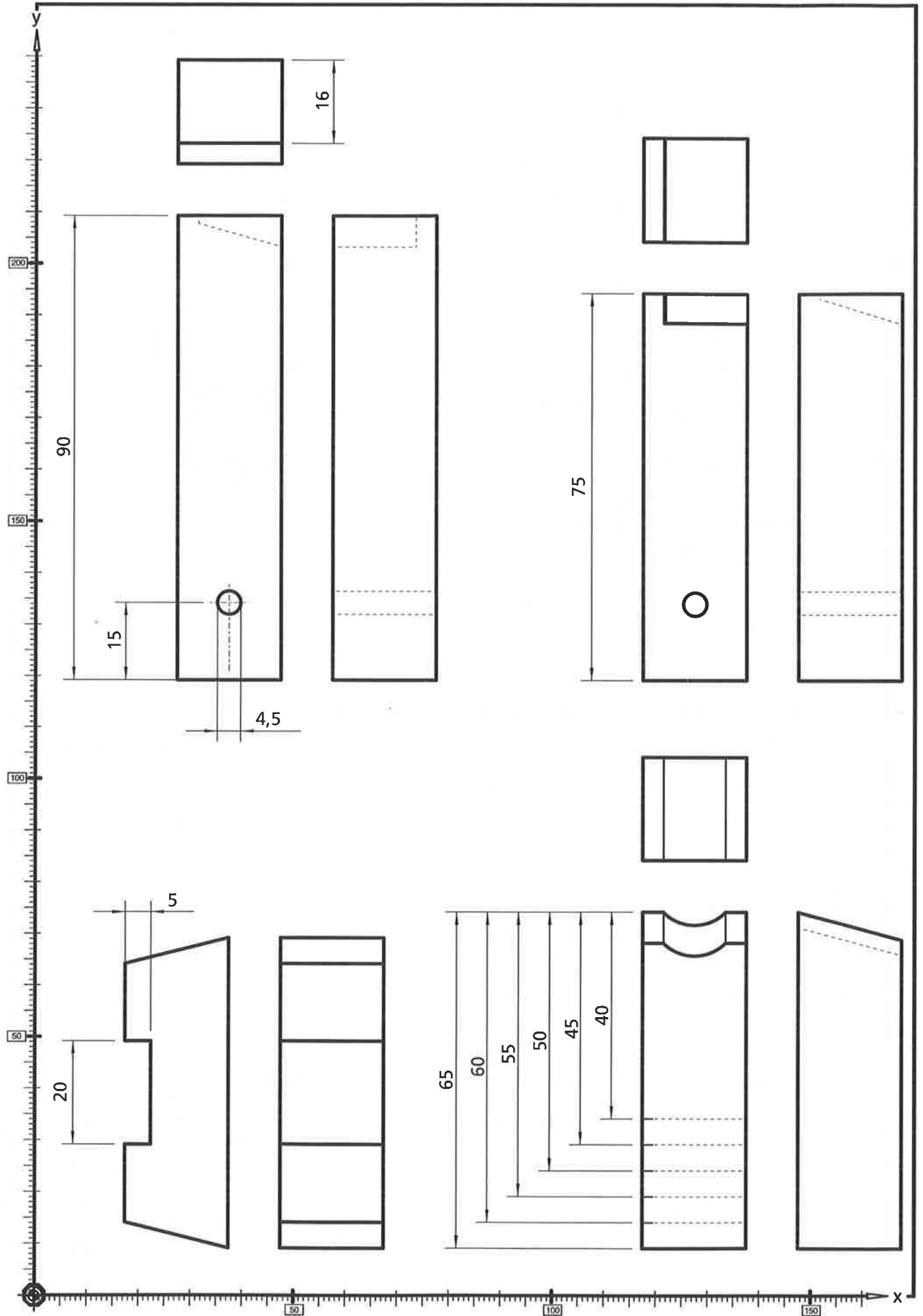
Name: _____		Kugeltreppenlift	Maßstab: 1:1
Klasse: _____	Datum: _____		Seiten- und Draufsicht

Technikstunde 217: Arbeitsblatt 2



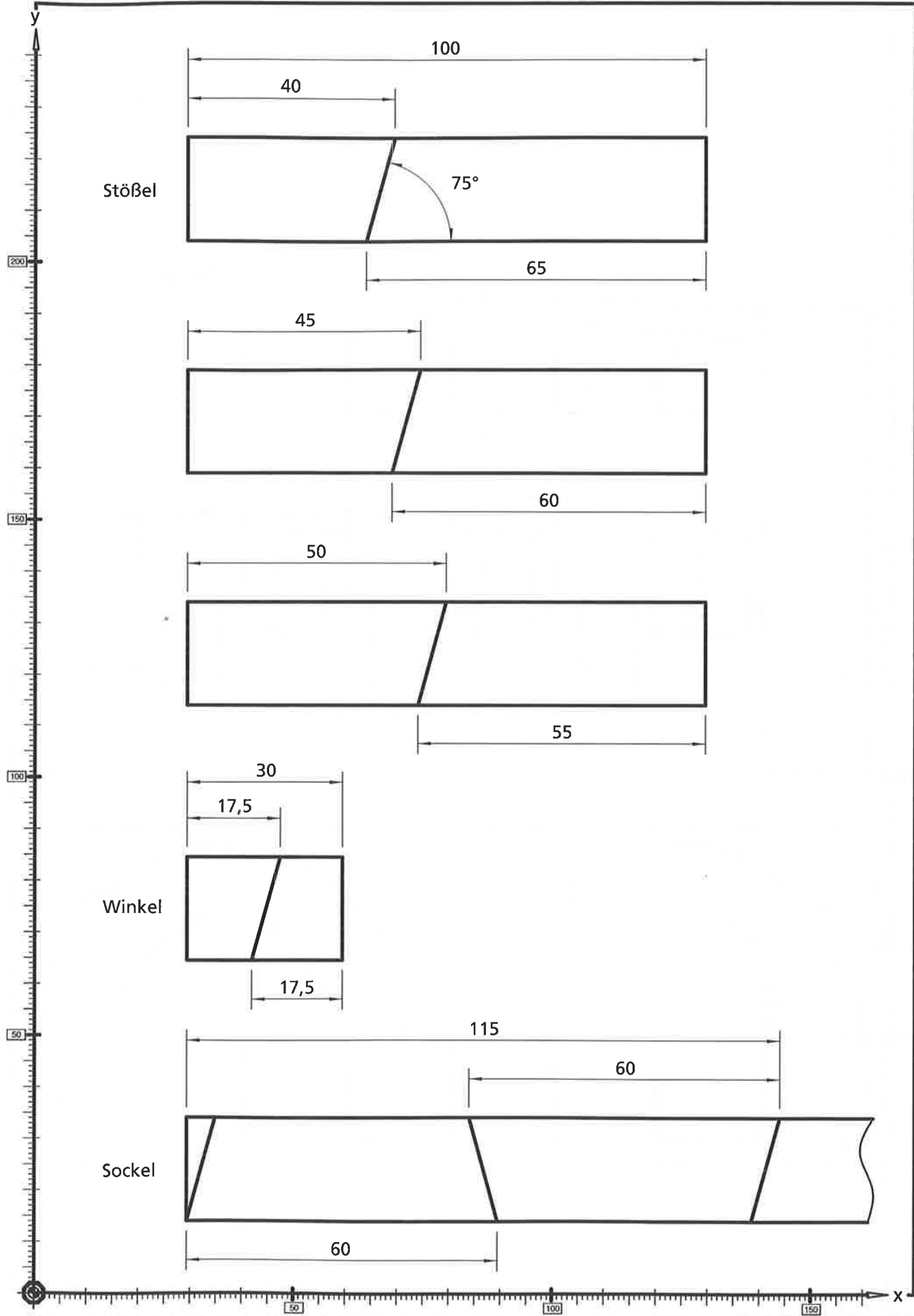
Nr.	Bezeichnung	Werkstoff	Anzahl	Länge	Breite	Stärke
1	Griff	Buche	1	15	-	4
2	Kurbel	Kiefer	1	30	20	5
3	Welle	Buche	1	170	-	4
4	Räder	Kiefer	6	-	20	10
5	Bahnbrett	Kiefer	1	164	40	5
6	Winkel	Kiefer	2	15	20	20
7	Stößel	Kiefer	6	40/65	20	20
8	Seitenleisten	Kiefer	2	160	20	5
9	Abstandshalter	Furnier	2	20	20	0,4
10	Stütze kurz	Kiefer	1	75	20	20
11	Stütze lang	Kiefer	1	90	20	20
12	Sockel	Kiefer	2	60	20	20

Name: _____		Kugeltreppenlift	Maßstab: _____
Klasse: _____	Datum: _____		Blatt-Nr.: _____
Vorderansicht/Schnitt/Stückliste			



Name: _____		Kugeltreppenlift	Maßstab: 1:1
Klasse: _____	Datum: _____		Blatt-Nr.: _____
		Stützen/Sockel/Stößel	

Technikstunde 217: Arbeitsblatt 4



Name:		Kugeltreppenlift	Maßstab:
			1:1
Klasse:	Datum:	Zuschnitte	Blatt-Nr.:

TECHNIK STUNDE 218

ARBEIT UND PRODUKTION



Kugeltreppenlift mit Kugelbahn – Serienfertigung

mit 4 Arbeitsblättern

KLASSE

ab 8. Klasse

ZEIT

9 Unterrichtsstunden

MATERIALIEN

Holzleisten 20 x 20 mm, 20 x 5 mm,
40 x 5 mm, Räder Ø 20 mm, Rund-
holz, Glasmurmeln

WERKZEUGE

Säge, Schleifmittel, Koordinatentisch
KOSY

KOSTEN

€ 2–3

GRUNDLAGEN

TST 217



VORÜBERLEGUNGEN

EINSTIEG

Wie im Grundlagenteil (s. TST 217) beschrieben, löste der Kugeltreppenlift bei den herstellenden Schülern, aber auch bei Eltern, Bekannten und im Kollegenkreis große Begeisterung aus. Die Überlegung wurde von Schülerseite aufgeworfen, ob man nicht dieses Modell mehrfach herstellen könnte, um es dann beim Schulfest oder beim Weihnachtsmarkt zu verkaufen.

Diese Idee fand allgemein Zustimmung, die Frage der Realisierung stand jedoch auf unsicheren Beinen. Was muss man tun, um eine Serie kostengünstig und auch mit gleichbleibender Qualität herstellen zu können?

Ohne Denkanstöße durch den Fachlehrer geht es nicht: Wie wird in der Arbeitswelt produziert, um große Stückzahlen in kürzester Zeit und mit gleicher Präzision herzustellen?

Die Antworten der Schüler haben diese Inhalte: Einsatz von Maschinen und Automaten, Aufteilung der Arbeiten in Schritte, wobei ein einzelner nur wenige, dafür aber gleiche Tätigkeiten durchführt. Der Begriff Fließbandarbeit wird erwähnt.

Recherchen im Internet unterstützen Gedankengänge und Überlegungen zu diesem Themenkreis: Maschineneinsatz, computerunterstützte Fertigung (CIM), Serienherstellung, Automation, Fließbandproduktion, CAD usw. sind Themen, die untersucht werden und nach denen nachgeschlagen werden kann, um mehr über deren Grundlagen zu erfahren. Schwerpunkte können erarbeitet und ausgearbeitet werden.

SERIENFERTIGUNG IM UNTERRICHT

Die Maschine, die für die Arbeit im Technikunterricht in Serienproduktion geradezu prädestiniert ist, ist der Koordinatentisch KOSY. Mit ihm können Arbeitsschritte sehr präzise, mit hoher Wiederholungsgenauigkeit und in kurzer Zeit bewältigt werden.

Zwei Überlegungen führen jedoch zunächst zu einem erhöhten Aufwand:

- Die Arbeiten müssen zuvor programmiert bzw. gezeichnet werden.
- Es müssen Vorrichtungen zum Einspannen hergestellt bzw. eingerichtet werden.

Die Planungen insgesamt nehmen mehr Zeit in Anspruch. Aber all diese notwendigen Vorüberlegungen und Vorarbeitsschritte sind ein Teil der Intention, die hinter diesem Projekt steckt: planen und vorausdenken. Diese Erfahrungen und Erkenntnisse nehmen die Schüler in ihrem weiteren Schüler- und Arbeitsleben mit.



Abb. 1: Serieneinzelteile

IDEE UND TECHNIK

Geht man davon aus, dass die Schüler einen eigenen Kugeltreppenlift gebaut haben, so ist dies eine gute Voraussetzung, um die Vorgehensweise selbstständig zu planen. Die persönliche Erfahrung durch das eigene Tun ist durch kein Gespräch zu ersetzen.

Für den erfahrenen Techniklehrer und für technikbegeisterte, koordinatentischgeübte Schüler ist es allerdings auch ohne entsprechenden Vorbau nachvollziehbar, wie vorgegangen werden kann, um den Koordinatentisch für die Bearbeitung einzusetzen.

Alle Arbeitsschritte müssen geplant und detailliert festgehalten werden. Es muss untersucht werden, welche Aufgaben der Koordinatentisch übernehmen kann und ob es sich lohnt, ihn einzusetzen.

SÄGEARBEITEN

Grundsätzlich sollte festgelegt werden, dass alle Sägearbeiten mit einer Sägeeinrichtung erledigt werden müssen. Zwar könnte man Längen auch durch Fräsen zuschneiden, jedoch würde die Maschine zu lange einseitig beansprucht und es würde zu unnötigen Wartezeiten kommen. Für viele andere Tätigkeiten kann man den Koordinatentisch präzise und zeitsparend einsetzen.

Bereits beim Zusägen ist mit industriemäßigen, arbeitsteiligen Methoden vorzugehen. Man geht zunächst davon aus, dass eine Serie von mindestens zehn Exemplaren hergestellt werden soll. Um genaue und immer wiederkehrende Maße nur einmal abmessen zu müssen, ist in der Schneidlade oder an der Gehrungssäge ein Anschlag anzubringen. Ein Schüler arbeitet diesen Auftrag in seiner gesamten „Einseitigkeit“ ab. Ein anderer schneidet auf die gleiche Weise andere Längen zu, bis alle Einzelteile in der vorgesehenen Anzahl vorhanden sind. Die Sägearbeiten sind bereits in der Einzelarbeit beschrieben, hier wird jedoch arbeitsteilig vorgegangen.

Alle Flächen und Kanten müssen anschließend geschliffen werden.

Im nächsten Schritt muss die Weiterbearbeitung aller Teile analysiert und geplant werden.

STÖSSEL

Sechs Stöbel benötigen eine Laufrinne auf der abgesehenen Seite. Das Herausarbeiten mit einer Raspel ist eine zeitraubende Sache. Mit größerer Genauigkeit lässt sich diese Rinne aber auch herausfräsen. Damit aber immer alle sechs Stöbel in einem Arbeitsgang bearbeitet werden können, muss erst einmal eine Vorrichtung geschaffen werden („Stößelspanner“), die dies ermöglicht (s. Arbeitsblatt 1).



Abb. 2: Stößelspanner unverschraubt

Ein Brettchen mit einem Anschlag rechts und unten, der um 15 Grad zur Grundseite gedreht ist, nimmt die Stöbel so auf, dass die Abschrägung auf einer waagerechten Linie ist. Mit Zylinderschrauben und Muttern wird das Gegenstück aufgeschraubt, sodass die Stöbel fest eingespannt sind. Der Stößelspanner wird mit zwei Exzentrisspannern auf dem Koordinatentisch befestigt.



Abb. 3: Eingespannter Stößelspanner

Die Zeichnung mit den Technologiedaten sieht so aus:

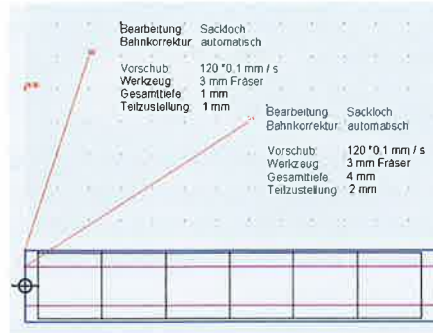


Abb. 4: CAD – Stöbel, Technologiedaten

Da kleine Ungenauigkeiten beim Sägen nicht zu vermeiden sind, ist es empfehlenswert, die ganze Oberfläche der Schrägen abzufräsen (Layer 2, Sackloch, Gesamttiefe 1 mm). Die Rinne wird ebenfalls als Sackloch auf eine Tiefe von 3 mm ausgefräst. Da ja bereits eine Fläche von 1 mm abgefräst ist, wird die Tiefe mit 4 mm angegeben. Auf diese Weise bekommt man eine präzise Rinne, auf deren Kanten die Kugeln exakt rollen.

So werden alle Rinnen für alle vorgesehenen Kugeltreppenlifte gefräst. Wichtig ist, dass der Nullpunkt genau in die Mitte der Stöbel gesetzt ist. Der Fräser ist 3 mm dick.

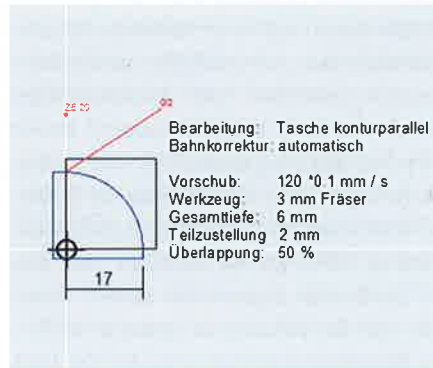


Abb. 5: CAD – Stöbel, Technologiedaten

STÜTZEN

Beide Stützen bekommen auf der oberen Fläche einmal eine gebogene Rinne, um die Kugeln um 90 Grad umzulenken, aber auch eine Abschrägung von 15 Grad. Um dies zu erreichen, programmiert bzw. zeichnet man einmal die Rinne wie in Abb. 5. Andererseits werden die Stützen so auf den Tisch eingespannt, dass die Fläche um 15 Grad abgewinkelt ist. Dazu wird die linke Anschlagschiene des Koordinatentisches abgeschraubt, ein Schraubstock so aufgeschraubt, dass mit dem Anschlag an der Führungsschiene der gewünschte Winkel von 15 Grad entsteht. Mit einem weiteren Stützholz wird die Höhe des Überstandes festgelegt, sodass der Nullpunkt in alle drei Richtungen (X/Y/Z) immer an der gleichen Stelle ist. Ob lange oder kurze Stütze, der Nullpunkt hat immer die gleiche Position (s. Arbeitsblatt 2).



Abb. 6: Befestigung Stütze

Die Stützen benötigen jeweils noch eine Bohrung als Lager für die Nockenwelle. Die Bohrung hat einen Durchmesser von 4,5 mm, die Bohrtiefe entspricht der Stärke des Materials, nämlich 20 mm. Um mit Sicherheit diese Stärke durchzufräsen, sollte die Gesamttiefe von 21 mm und eine Zustellung von 3 mm gewählt werden.

Die Gesamtfrästiefe von 21 mm muss aber auch durch die Länge des Fräasers möglich sein. Das bedeutet, dass dieser nicht so tief wie bei den anderen Fräsarbeiten in das Fräsfutter eingesteckt werden darf. Dies ist unbedingt zu beachten!



Abb. 7: Bohrung Stütze

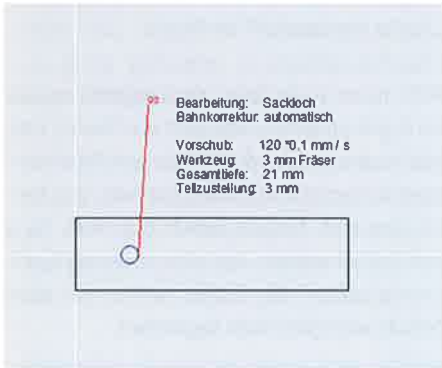


Abb. 8: CAD der Bohrung für die Stütze

SOCKEL

Um die Sockel rationell zu bearbeiten, spannt man vier Stück, die gleichzeitig gefräst werden, nebeneinander auf den Y-Tisch. Nullpunkt ist die Mitte der Längsseite. Gefräst wird mit einem 3-mm-Fräser ein Sackloch in 5 mm Tiefe in zwei Zustellungen zu je 2,5 mm.



Abb. 9: Sockel fräsen

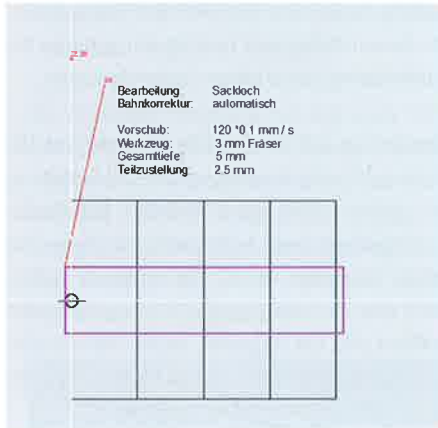


Abb. 10: CAD – Sockel, Technologiedaten

RÄDER

Gerade die Räder, die eine exzentrische Bohrung bekommen, sollten präzise gefräst werden. Das ist mit dem Koordinatentisch sehr rationell und genau zu bewerkstelligen. Eine Leiste – Breite kleiner als 20 mm – mit einem Queranschlag links, wird in den Maschinenschraubstock eingelegt und fünf Räder werden so aufgelegt und eingespannt, dass die Maserung parallel zum Schraubstock verläuft.



Abb. 11: Räder exzentrisch bohren

Es muss nur die erste Bohrung gezeichnet und mit den Technologiedaten versehen werden, für die restlichen vier Bohrungen wird die Kopierfunktion in X-Richtung (Versatz 20 mm) verwendet. So werden in einem Arbeitsgang fünf Räder gebohrt.

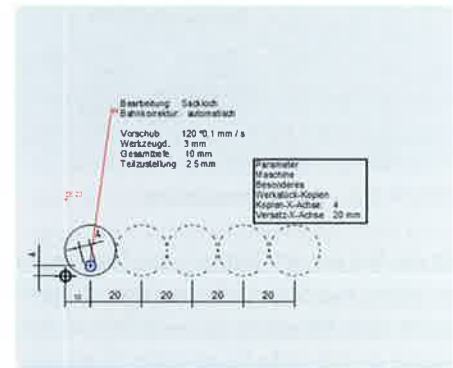


Abb. 12: CAD – Räder, Technologiedaten

GRIFFE

Der in der ursprünglichen Form in TST 217 vorgestellte Griff ist bezüglich der Funktion zwar sachgerecht konzipiert, eine schmalere Ausführung mit gerundeten Kanten sieht jedoch wesentlich schöner aus. Deshalb wird diese ebenfalls ausgefräst, zumal dies in der Summe eine Zeitersparnis bedeutet.

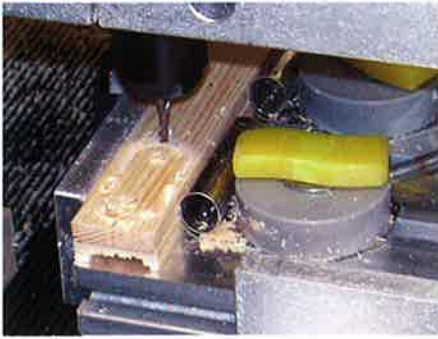


Abb. 13: Griff ausfräsen



Abb. 15: Ausfräsen der Kugelbahn

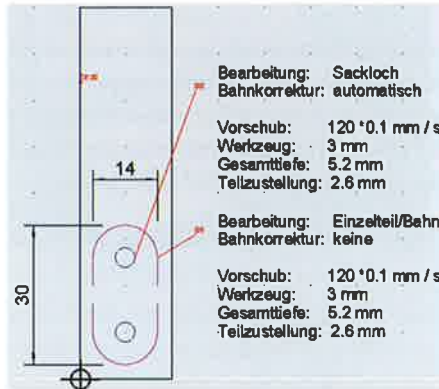


Abb. 14: CAD – Griff, Technologiedaten

Da der Griff aus dem Material ausgefräst wird, ist es ratsam, zwei Stege stehen zu lassen, die dann später aufgesägt werden. Es ist ebenfalls möglich, wie bei der Räderbohrung mit Kopien zu arbeiten.

KUGELBAHN

Ein besonderes Augenmerk verlangt die eigentliche Kugelbahn, die ebenfalls ausgefräst wird (s. Arbeitsblätter 3, 4). Die Bahnbreite beträgt 12 mm, die Tiefe 3 mm. Sie verläuft von der oberen Stütze zur unteren. Der äußere Abstand beträgt 153 mm. Der Höhenunterschied der Bahn vom Einlass oben bis zum Ausgang beträgt etwa 10 mm.

Wenn die Kugel die obere Stütze herunterrollt, sollte diese gleich in einer leicht schrägen Bahn Gefälle aufweisen. Die Bahn muss so verlaufen,

dass die Kugel nicht zu viel Geschwindigkeit bekommt, da sie sonst über die Bahn hinauschießt. Die Kurven dürfen nicht zu eckig sein, je runder die Linienführung, desto ruhiger laufen die Kugeln.

Bewährt hat sich die dreifache Schlangenlinie, die in diesem Projekt Anwendung fand. Die Gestaltung ist jedoch nicht ganz einfach. Drittelkreise (120 Grad) mit einem Außenradius von 24 mm und einem Innenradius von 12 mm werden so positioniert, dass die Scheitelpunkte 44 mm voneinander entfernt sind. Die Endpunkte werden mit Geraden miteinander verbunden bzw. mit Polygonen zu den oberen und unteren Stützen weitergeführt.

Jeder Schüler sollte die Gelegenheit bekommen, eine Kugelbahn zu entwerfen. Ohne Hinweise tun sich die Schüler jedoch sehr schwer, brauchbare Lösungen zu finden. Deshalb ist die im Folgenden beschriebene Methode eine gute Möglichkeit, selbstständig zum Ziel zu kommen.

Zuerst wird der Umriss der zu fräsenden Fläche gezeichnet (Rechteck 4 x 164 mm). Oben und unten wird ein Kreis mit einem Radius von 6 mm mit dem Mittelpunkt auf der rechten Umrisslinie eingezeichnet, und zwar so, dass die äußeren Peripheriepunkte 153 mm voneinander entfernt sind. Weitere Kreise werden so kopiert, dass sie den möglichen Verlauf der Kugelbahn mit den

Umlenkpunkten (Kurven) markieren. Mit der Funktion TANGENTE ÄUSSERE in CAD-Besonderes werden die Tangenten zwischen den Kreisen gezeichnet.

Mit einem farbigen Layer und der Funktion POLYGON und der Einstellung „Konstruktionsfang ein“ werden in der kurvenäußeren Polygonlinie die Endpunkte der Tangenten gefangen und auf der Innenseite werden die Schnittpunkte der Tangenten als Eckpunkte gesetzt. Oben und unten müssen die Linien mindestens 1,5 mm (halber Fräserdurchmesser) über den Rand hinaus gezeichnet werden, um die Fräsfläche vollständig in der gesamten Breite von 12 mm einhalten zu können. Der Anfangspunkt und der Endpunkt der Polygonlinie treffen sich punktgenau, sodass eine geschlossene Fläche entsteht. Diese Fläche lässt sich sodann in der Technologieeingabe in der Bearbeitung mit „Tasche konturparallel“ ausfräsen.

Nicht immer ist der Verlauf der Kugelbahn so, dass die Kugeln problemlos ihre Bahn durchlaufen. Deshalb muss man auch diese Phase zum Experimentieren nutzen und Erfahrungen sammeln. Dass hierbei aber auch Material unbrauchbar wird, muss man in Kauf nehmen. Von nicht nutzbaren Kugelbahnen sollten alle Schüler lernen und diese deshalb auch gemeinsam besprechen.



Abb. 16: Kugelbahn-Varianten

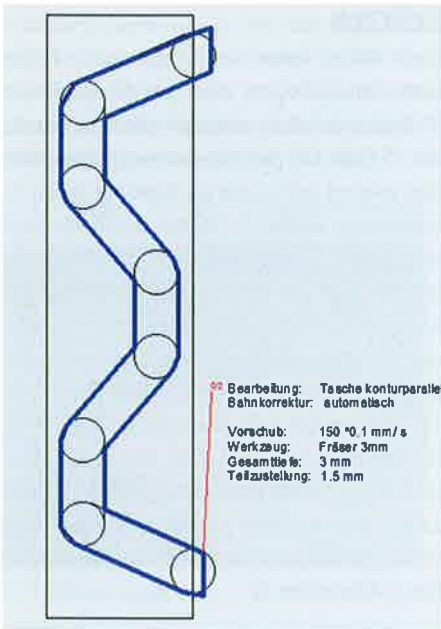


Abb. 17: CAD – Kugelbahn, Technologiedaten

MONTAGE

Sind alle Teile vorgearbeitet, werden diese in verschiedenen Arbeitsgruppen montiert und geleimt. Hilfsmittel wie Abstandshölzer und Schablonen vereinfachen die Montage. Hierbei nicht einzeln messen, das Anlegen eines immer wiederkehrenden, festgelegten Maßes macht das Arbeiten leichter und rationeller.

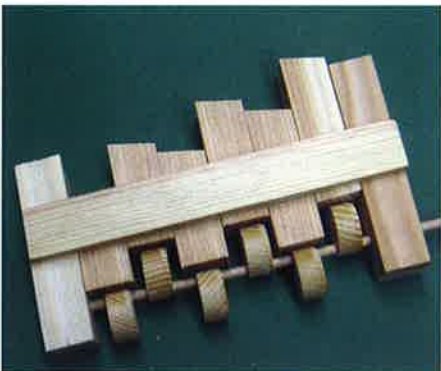


Abb. 18: Probemontage

Die Leimungen müssen ausreichend Zeit zum Trocknen haben und dürfen vorher nicht belastet werden. Sind sie jedoch getrocknet, so halten sie sehr fest. Ein Verdübeln oder Verschrauben ist deshalb nicht notwendig.

VERKAUF

Sind alle Kugelbahnen mit den Kugeln bestückt (unsere Ausführung hat Bohrungen zur Aufbewahrung) und ist die Funktionstüchtigkeit überprüft, so kann die Vorbereitung für den Verkauf erfolgen.

Bei einer Präsentation sollte für das Objekt eine einheitliche Sprachregelung angewandt werden. Meistens wird es als „Kugelbahn“ bezeichnet, doch wird dieser Begriff der Sache nicht gerecht. Die Bezeichnung „Kugelbahnenlift“ trifft den Kern schon eher, denn das ist es, was die Faszination ausmacht. Ein Schild mit dieser Namensgebung sollte deshalb bei der Verkaufspräsentation gut sichtbar vorliegen.

Für die Preisgestaltung sollte zunächst einmal ein Vergleich hergestellt werden, welche Zeiten in der Einzelfertigung und in der Serie notwendig waren. Der Aufwand für die Planung sollte dabei zunächst keine Rolle spielen. Denn je größer eine Serie, desto geringer wird der Anteil der Planung.

Die Umrechnung der Serie auf ein Exemplar sollte ein Anhaltspunkt sein für die Kalkulation. Bei guter Zusammenarbeit und Koordination verschiedener Herstellungsteile (wie viele Koordinatentische können gleichzeitig eingesetzt werden?) können Zeiten herauskommen, die pro Stück etwa bei einer Stunde liegen. Dieser Wert muss mit der Schülerzahl in effektiver Arbeit (Leerlaufzeiten berücksichtigen) verrechnet werden. Schließlich muss fiktiv ein Stundenlohn angenommen werden. Daraus kann nun der Verkaufspreis berechnet werden. Um niemandem vorzugreifen, werden hier keine Angaben gemacht.

AUSBLICK

Selten hat eine Technikaufgabe so faszinierende Wirkung auf Schüler ausgeübt wie dieser Kugelbahnenlift. Und nicht nur das, auch die Präsentation beim Verkauf war für alle Beteiligten eine große Freude. Der Stolz der Schüler war berechtigt, mögliche Käufer äußerten sich bewundernd und schließlich wurden alle Exemplare verkauft. Dies wird auch an anderen Schulen im Rahmen eines Sommerfestes oder Weihnachtsmarktes realisierbar sein.

Darüber hinaus stellt diese Aufgabe eine Herausforderung dar, den Kugelbahnenlift weiterzuentwickeln. Varianten mit zehn Stößen sind möglich, dadurch wird die Kugelbahn länger und der Höhenunterschied größer. Weitere Gestaltungsmöglichkeiten sind hierdurch gegeben. Auch größere Querschnitte für die Stützen und Stöße zu nutzen, bedeutet, dass das Erscheinungsbild des Kugelbahnenlifts insgesamt größer und wuchtiger wird.

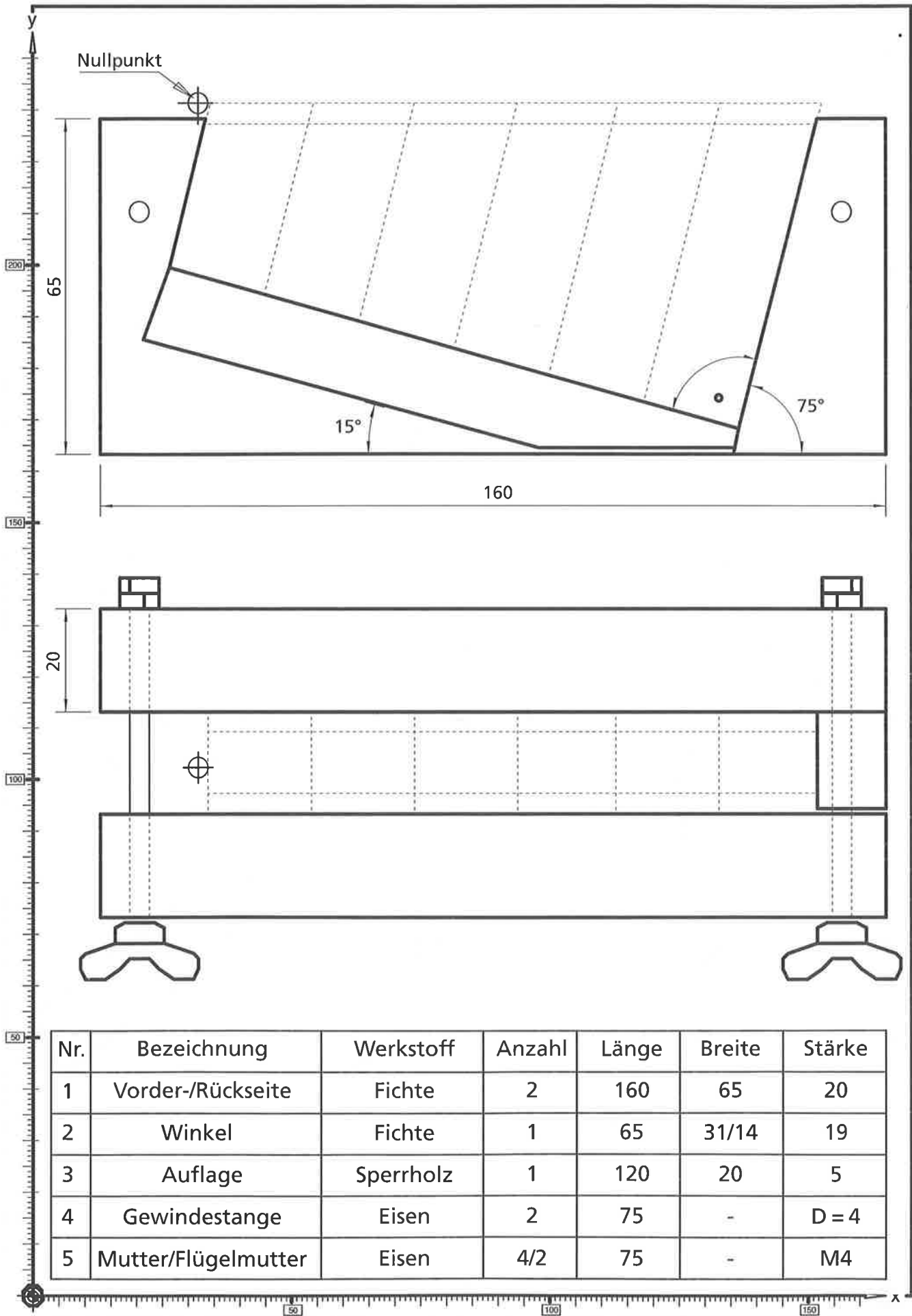
Viel Spaß beim Konstruieren, Ausprobieren und Vorführen!



Abb. 19: „Zehnzyylinder“

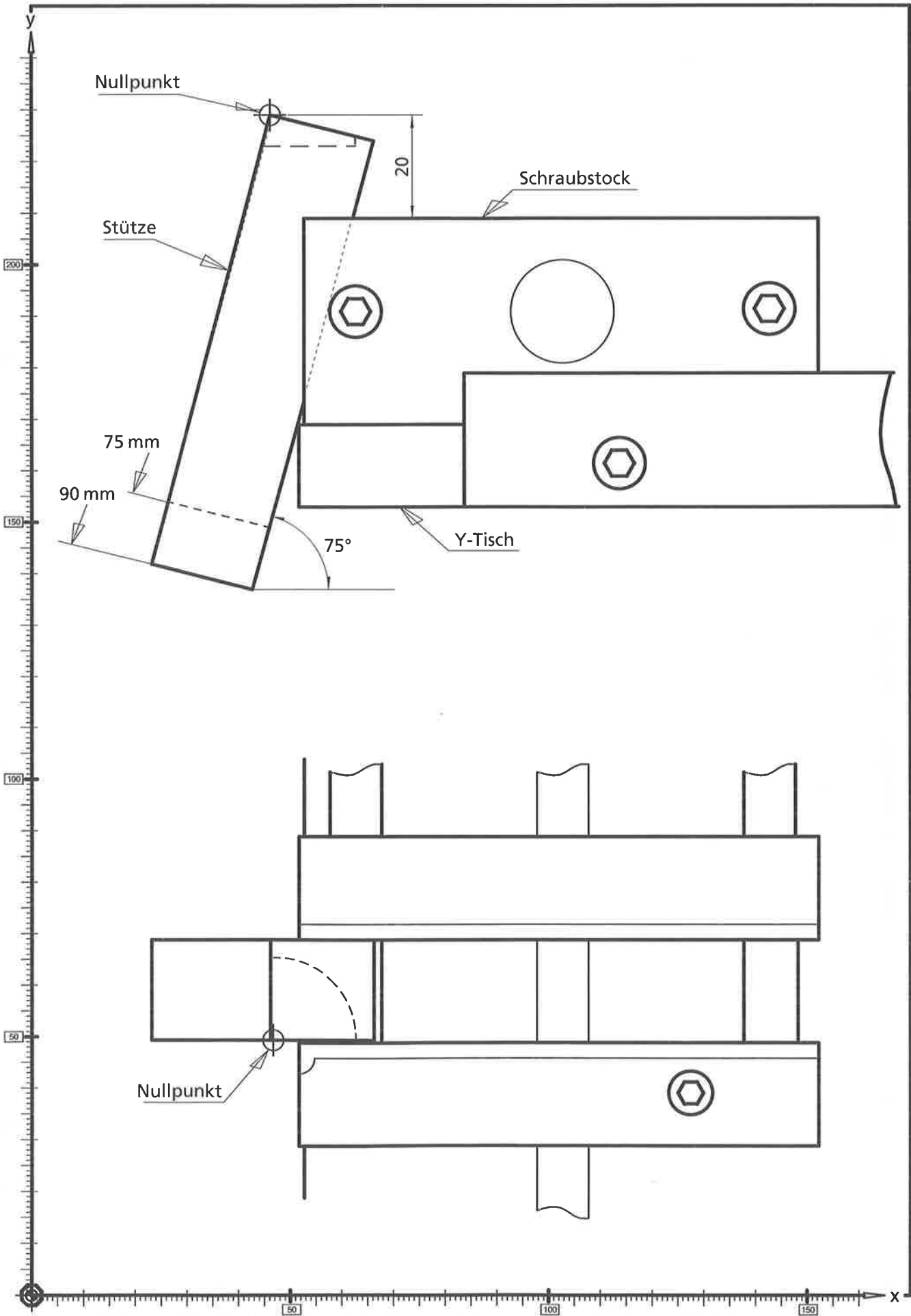
Autor: Wilhelm Dold, St. Georgen
 wdold1@t-online.de

Technikstunde 218: Arbeitsblatt 1



Nr.	Bezeichnung	Werkstoff	Anzahl	Länge	Breite	Stärke
1	Vorder-/Rückseite	Fichte	2	160	65	20
2	Winkel	Fichte	1	65	31/14	19
3	Auflage	Sperrholz	1	120	20	5
4	Gewindestange	Eisen	2	75	-	D = 4
5	Mutter/Flügelmutter	Eisen	4/2	75	-	M4

Name: _____		Kugeltreppenlift/Serie	Maßstab: 1:1
Klasse: _____	Datum: _____		Konstruktion Stößelspanner



Name: _____

Kugeltreppenlift/Serie

Maßstab: **1:1**

Klasse: _____

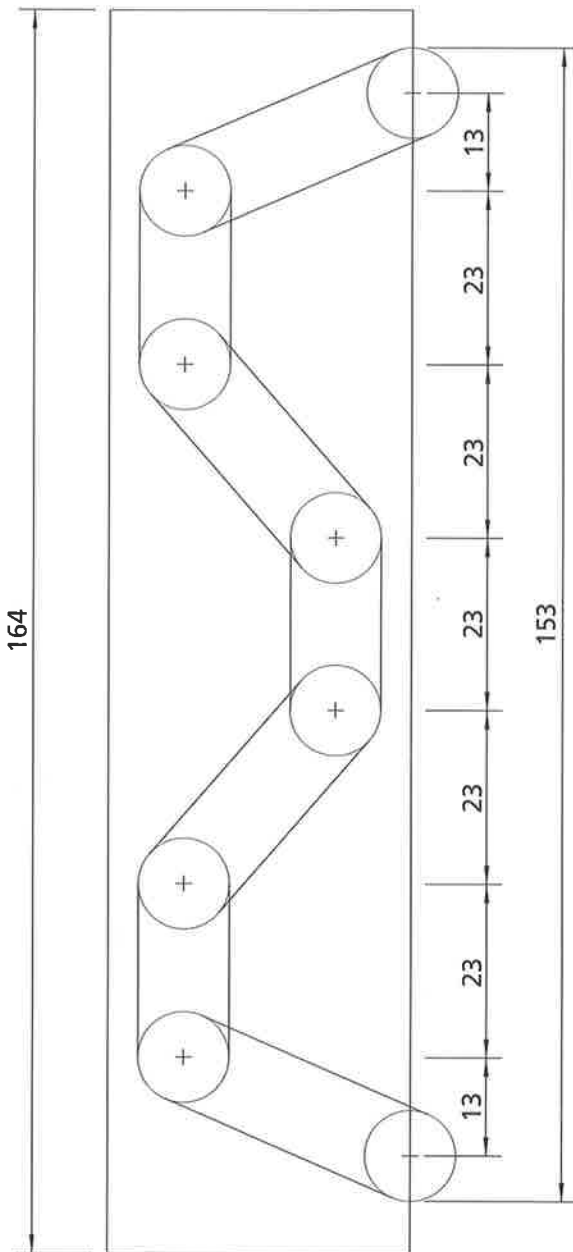
Datum: _____

Fräseinrichtung Stützen

Blatt-Nr.: _____

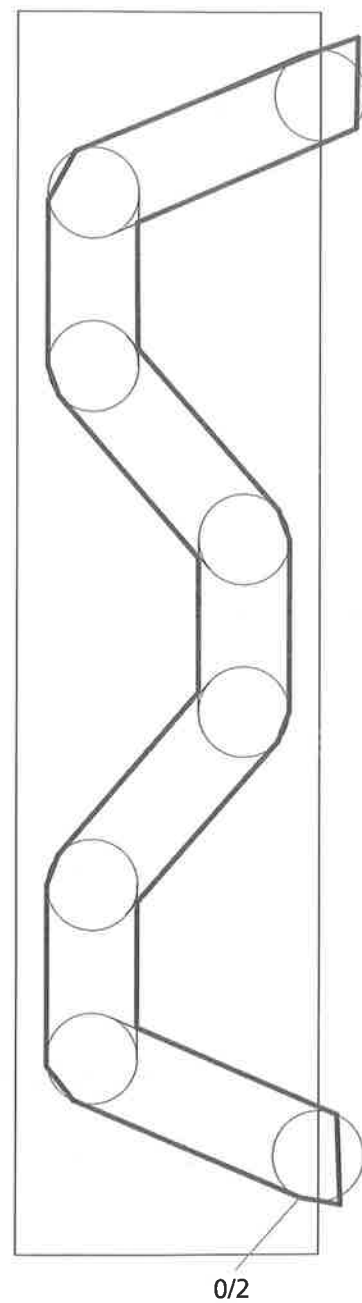
Einstellung:
Layer 9, Linie fein

1. Umriss (40 mm x 164 mm)
2. Kreis (r = 6 mm) zeichnen, kopieren
3. äußere Tangenten zeichnen

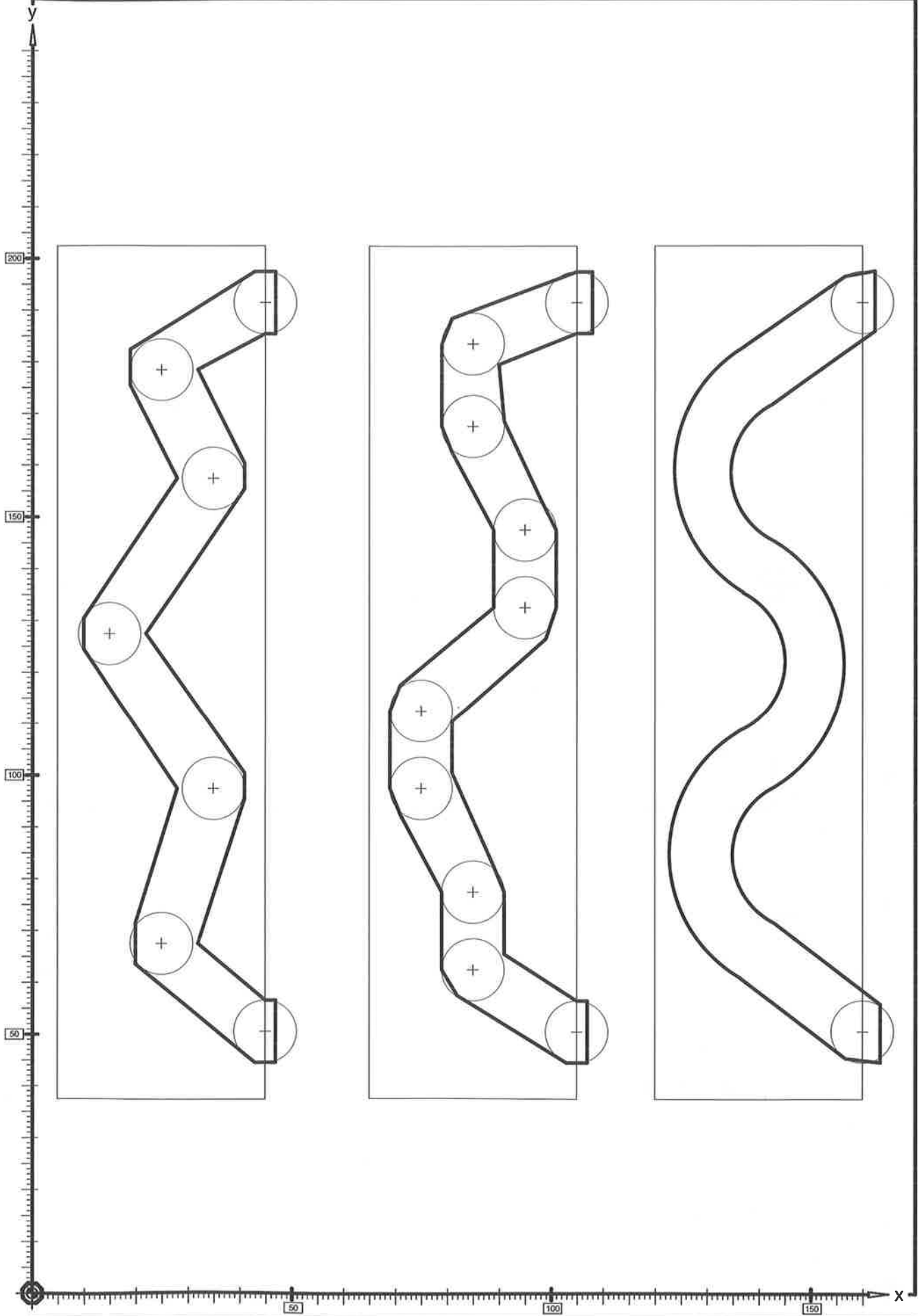


Einstellung:
Konstruktionsfang ein
Layer 2, Linie dick
Polygon

4. Eckpunkte fangen, setzen
5. Polygon Endpunkt = Anfangspunkt
6. Technologie zuordnen



Name: _____		Kugeltreppenlift/Serie	Maßstab: 1:1
Klasse: _____	Datum: _____		Blatt-Nr.: _____
		Kugelbahn	



Name: _____

 Klasse: _____ Datum: _____

Kugeltreppenlift/Serie

Kugelbahn – Varianten

Maßstab: **1:1**

 Blatt-Nr.: _____
