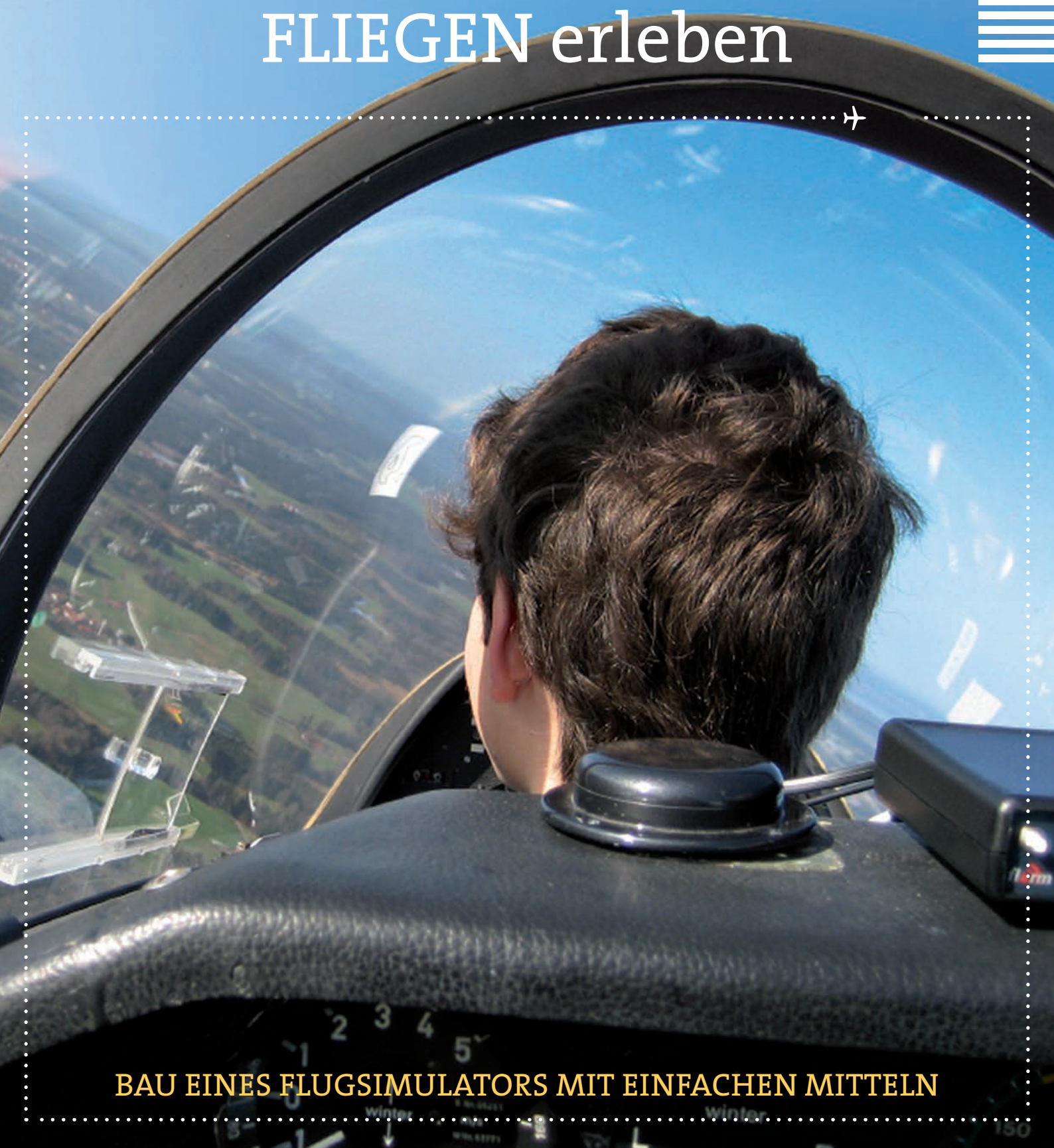




René Beator & Klaus Adamaschek

# Faszination FLIEGEN erleben



BAU EINES FLUGSIMULATORS MIT EINFACHEN MITTELN

---

# Inhalt

---

Seite 3.....	Einleitung
Seite 4.....	Kompetenzbereiche des Faches Wirtschaft-Arbeit-Technik
Seite 8.....	Vorbemerkungen
Seite 9.....	Materialien & Werkzeuge
Seite 12.....	Schritt 1: Grundplatte
Seite 14.....	Schritt 2: Grundriss
Seite 16.....	Schritt 3: Rückwand
Seite 18.....	Schritt 4: Instrumentenbrett (Panel)
Seite 20.....	Schritt 5: Seiten- und Deckenbeplankung
Seite 22.....	Schritt 6: Technisches Equipment



# Der ewig junge Traum vom Fliegen ...



Wer kennt sie nicht, die Zeilen ...

... über den Wolken ...

REINHARD MEY

... Learning to Fly ...

TOM PATTY AND THE HEARTBREAKERS

... Sailing to Philadelphia ...

MARK KNOPFLER

## und - Hand aufs Herz - welcher junge Mensch träumt nicht irgendwann einmal von der Faszination „Fliegen“?

Aber bleiben wir erst einmal am Boden! Das, was in diesem Arbeitsheft vorgestellt wird, hat wenig mit fliegerischer Praxis im Sinne des realistischen Spiels mit den Elementen, aber sehr viel mit ganzheitlichem Lernen und Kompetenzentwicklung zu tun. Das Projekt Flugsimulator orientiert sich konsequent an den Zielsetzungen schulinterner Curricula zu interdisziplinärer Kooperation.

In fortlaufenden Projektstadien werden Baupläne analysiert, Cockpits von Verkehrs- und Segelflugzeugen erstellt, elektronische Komponenten integriert, der Umgang mit kommerziellen Flugsimulationsprogrammen trainiert, Luftfahrt begleitende Handlungsfelder bearbeitet und mit der Gründung einer Schülerfirma wirtschaftliches und unternehmerisches Know-how vermittelt.

An der Alfred-Nobel-Schule in Berlin-Neukölln wurde ein Flugsimulator, dessen Bauanleitung Gegenstand dieses Arbeitsheftes ist, erfolgreich realisiert. Seine Nutzung liegt in den Händen von „Nobel Air“, einer Schülerfirma, die sich eigens dafür gegründet hat.

Die Kopernikus-Oberschule im Berliner Bezirk Steglitz-Zehlendorf entwickelt ebenfalls einen Flugsimulator Marke „Eigenbau“, für Segelflugzeuge.

Die Autoren möchten mit ihren aus der Praxis kommenden Anregungen Mut zur „Nachahmung“ und Lust auf „mehr“ machen, indem sie Pädagoginnen und Pädagogen eine Handreichung bieten, die diese in die Lage versetzt, den ihnen anvertrauten Jugendlichen faszinierende Möglichkeiten für deren individuelle Entwicklung und Orientierung aufzuzeigen. In diesem Sinne stehen sie interessierten Leserinnen und Lesern für Hilfestellung und Vernetzung gerne zur Verfügung.

Wenden Sie sich mit Ihren Fragen, Hinweisen und Problemen an [flugsimulator@kontexis.de](mailto:flugsimulator@kontexis.de)

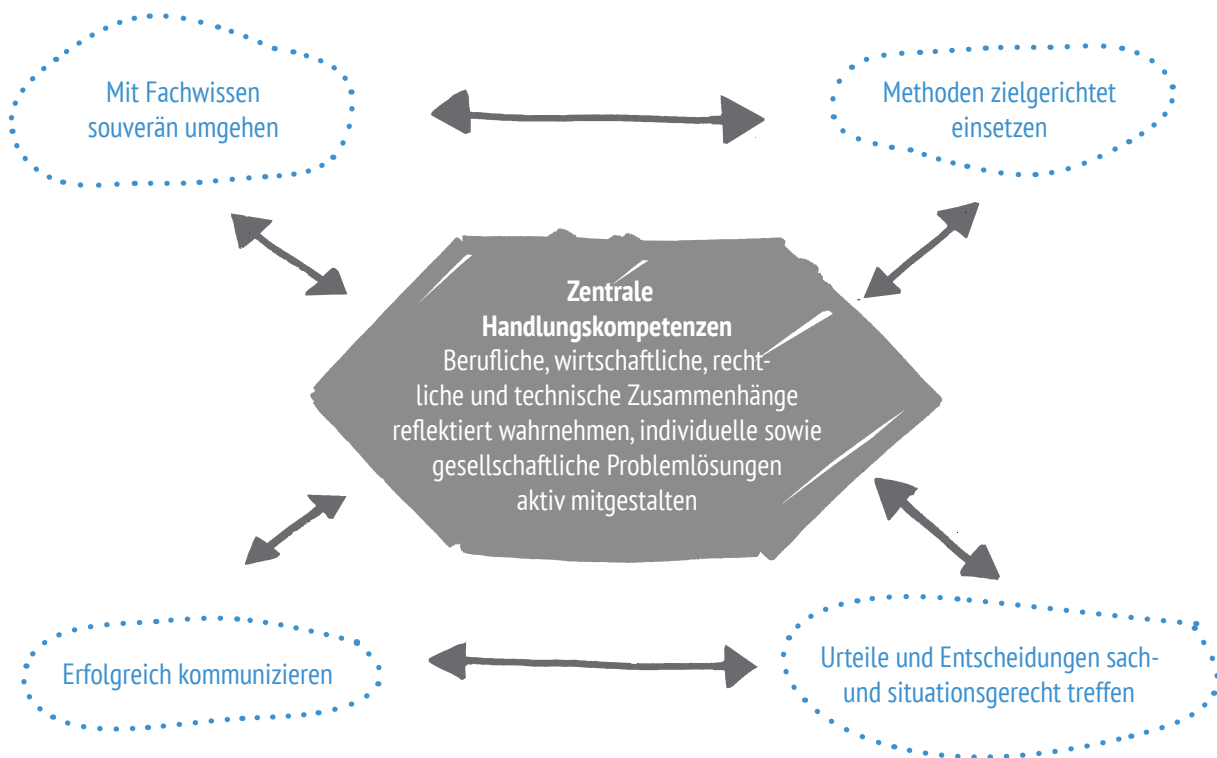
René Beator u. Klaus Adamaschek  
Berlin, im Herbst 2015

# Kompetenzbereiche des Faches

## Pädagogischer Leitgedanke

Mit Hilfe eines faszinierenden „Spielzeugs“ werden Fach-, Methoden-, Kommunikations- und Sozialkompetenz quasi spielerisch erworben und erweitert. Dabei bietet sich ein einfacher, unkomplizierter Zugang zu dem Projekt, denn im Grunde benötigt man nur einen Tisch, einen Stuhl, einen alltagstauglichen Computer und einen Bildschirm/ ein Display als Ausstattung. Zugegeben, ein selbst gefertigter Nachbau eines Cockpits besitzt natürlich einen ungleich größeren Aufforderungscharakter, weshalb diesem Projektabschnitt auch eine sehr große Bedeutung beizumessen ist.

Ein Flugsimulator bietet vielfältige Möglichkeiten, Schülerinnen und Schüler auf die Bewältigung von Herausforderungen im Alltags- und späteren Berufsleben vorzubereiten, gibt ihnen Hilfestellung bei der Berufsorientierung und unterstützt sie bei der Planung und Auswahl von Praktikumsplätzen, ganz im Sinne der Rahmenlehrpläne der Berliner Schule. Darüber hinaus fördert er die jungen Menschen auf Grund seiner fächerübergreifenden Dimensionen in der Entwicklung und Festigung vernetzten Denkens und Handelns.



(Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft: Berliner Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe 1, Fach: Wirtschaft-Arbeit-Technik, 2012, S. 11)



# Wirtschaft-Arbeit-Technik

## Das Projekt berücksichtigt durchgängig zwei Ebenen:

### 1. Fachübergreifende Ansätze

- Diverse Verknüpfungsmöglichkeiten fachspezifischer Ansätze (s. u.) im Sinne komplexer, ganzheitlicher Bildungsziele
- Synergieeffekte innerschulischer (unterrichtlich/außerunterrichtlich) und überschulischer/außerschulischer (Freizeit/Kooperationsformen) Gestaltungsmöglichkeiten
- Berufliche Ausbildungsperspektiven (Betriebspraktika, Spektrum der Luftfahrt gebundenen Berufs- und Wirtschaftszweige), Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern aus Wirtschaft und Institutionen

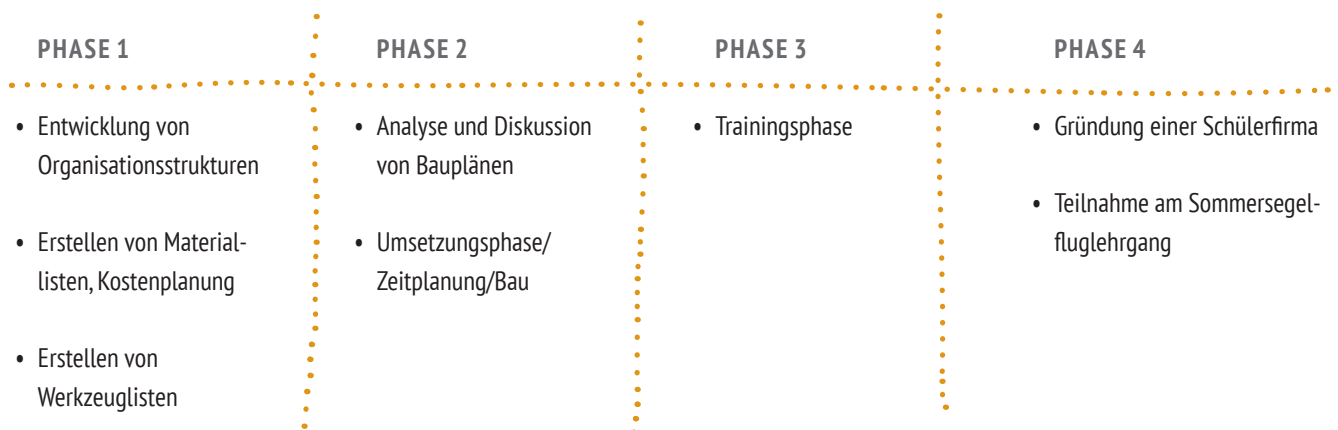
### 2. Fachspezifische Ansätze

- W-A-T (Baupläne, Materialien, Werkzeuge, Elektrotechnik, Umsetzung/Bau ...)
- Physik (Mechanik, Aerodynamik, Elektrizität/Elektronik ...)
- Mathematik (IT-Kenntnisse, Berechnungsgrundlagen für Geschwindigkeiten, Flughöhen, Verbrauch ...)
- Geographie (Topographie, Gradnetz, Kompass/Himmelsrichtungen, Meteorologie )
- Sprachen (Fachterminologie in Deutsch und Englisch, Vorbereitungskurse zum Erwerb des „Beschränkten Sprechfunkzeugnisses II für den Flugdienst“ → Auswahlkriterium für Sommersegelfluglager ...)
- Kunst (Design und Gestaltung von Cockpitmodulen ...)

Allein diese kurze Übersicht verdeutlicht die immensen Chancen, die dieses Projekt aufgreifen kann und umsetzen will.

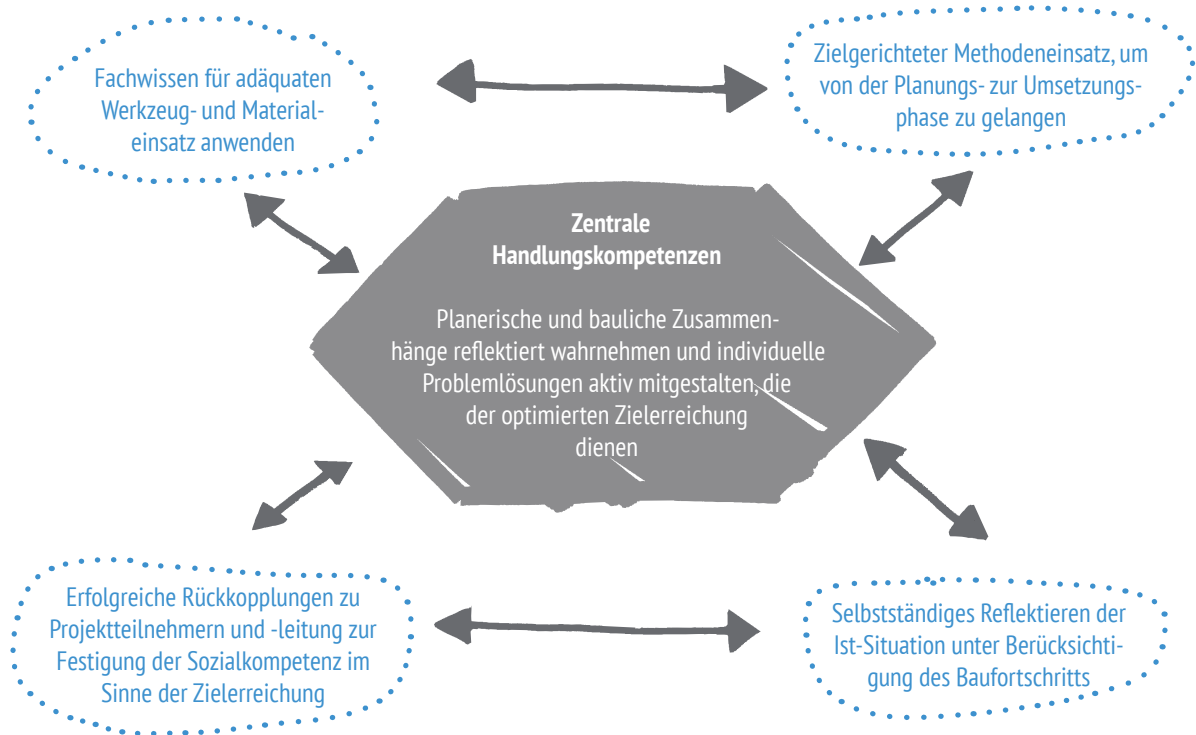
Für die Praxis schließt sich hier die nächste Ebene an.

## Handlungsebene

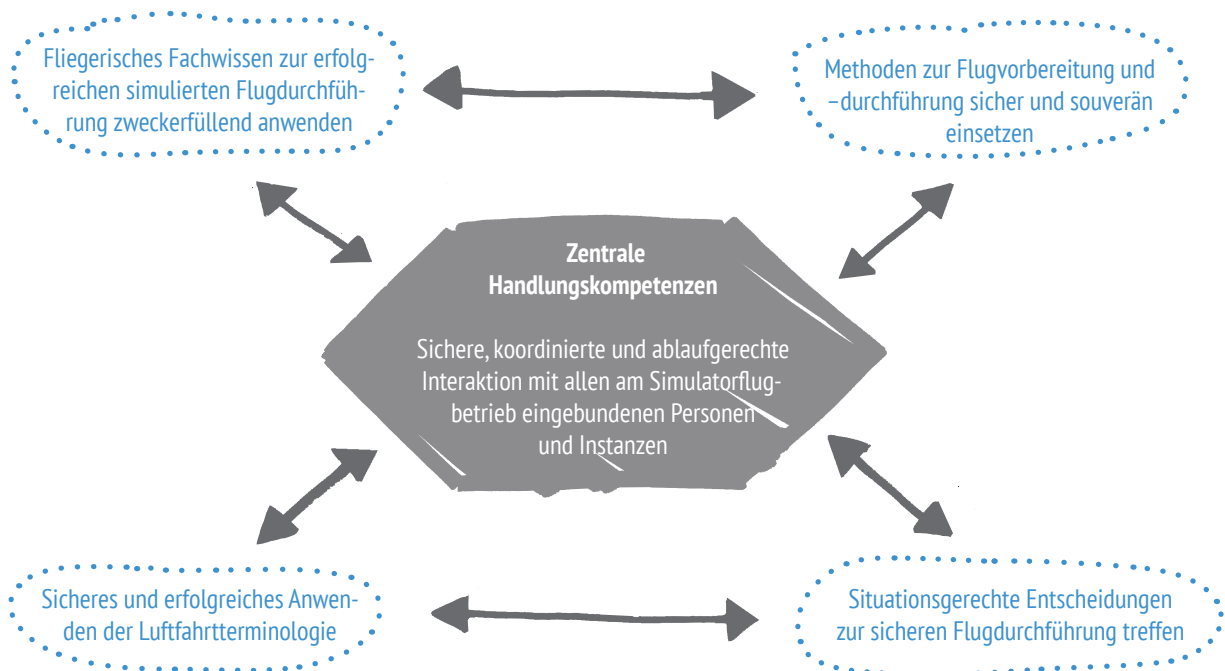


# Kompetenzbereiche des Faches

## Phase 1 und Phase 2: „Planung und Bau des Flugsimulators“

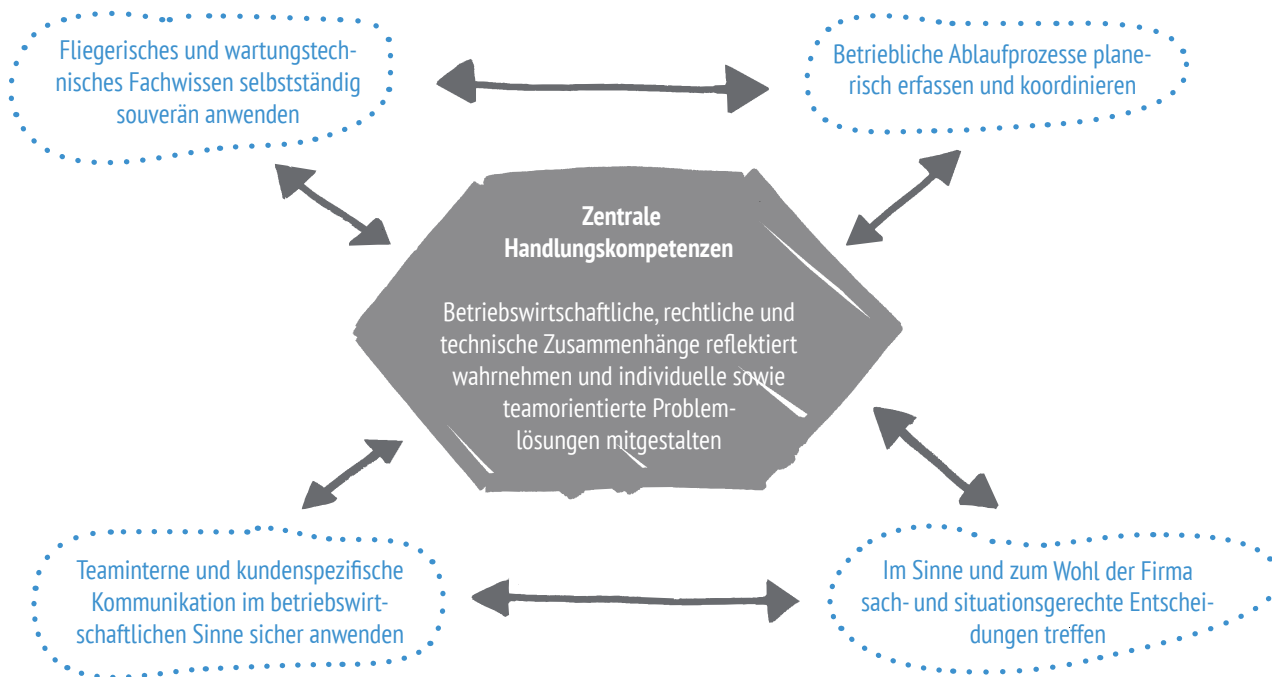


## Phase 3: „Betrieb des Flugsimulators“



# Wirtschaft-Arbeit-Technik

## Phase 4: „Gründung der Schülerfirma“



## Erfahrungsstand des Flugsimulatorprojekts „Nobel Air“



Die seit dem Start des Projekts im Jahr 2011 zu beobachtende Entwicklung bestätigt in vielerlei Hinsicht, dass sich die gezeigten Resultate mit den vor Projektbeginn aufgestellten Prognosen decken. Das Thema „Luftfahrt“ ist ohne Zweifel auch im Schulalltag zu

„leben“ und beginnt in kürzester Zeit, das Handeln und Denken der Schülerinnen und Schüler zu beeinflussen. Unter dem Gesichtspunkt des Dualen Lernens finden problemlos sogar jahrgangsübergreifende Aktivitäten einen festen Platz während und außerhalb des Schultages. Luftfahrt ist eine Thematik, die zum Anfassen und Erleben einlädt!

Mit kaum einem anderen Thema ist es den Autoren so einfach und nachhaltig gelungen, Zugang zu jungen Menschen zu erlangen und diesen Perspektiven mit „Erfolgsgarantie“ aufzuzeigen. Ganz gleich, ob es der Teamgedanke innerhalb einer Schülerfirma ist, die Teilnahme an Wettbewerben, aktive Messebesuche – auch in der Funktion als Aussteller – oder tatsächlich der Zugang zu einer Berufswelt, die weit mehr als nur das Cockpit und den Flugsimulator beinhaltet – die Schülerinnen und Schüler zeigen sich interessiert, begeistert und nicht selten auch enthusiastisch. Was könnte sich ein engagierter Pädagoge eigentlich Schöneres wünschen?

# Vorbemerkungen



Die grundsätzliche Idee, mit der Installation eines Flugsimulators in der Schule oder einer außerschulischen Bildungseinrichtung den Jugendlichen das Thema Luftfahrt näherzubringen, wurde bereits in den vorangestellten Kapiteln erläutert. Mithilfe dieser Bauanleitung werden interessierte Leserinnen und Leser in die Lage versetzt, einen bereits existierenden Simulator, der seine Funktionsfähigkeit im täglichen (Schul-)Betrieb unter Beweis stellt, nachzubauen. Dabei sei ausdrücklich betont, dass die vorliegende Anleitung nicht unbedingt 1 zu 1 umgesetzt werden muss. Sie ist als Anregung zu betrachten, die einen möglichen Weg aufzeigt, wie ein Flugsimulator unter den in der jeweiligen Einrichtung gegebenen konkreten Rahmenbedingungen mit bestmöglichem Erfolg gemeinsam mit Kindern und Jugendlichen aufgebaut werden kann.

Die konkrete Umsetzung dieses Vorhabens ist abhängig vom zur Verfügung stehenden Raum, der Materialsituation und der Höhe des finanziellen Budgets.

Der hier vorgestellte Simulator - zweiseitig, in der Größenordnung einer Boeing 737 oder eines Airbus 320 - wurde mit einem Aufwand an Barmitteln in Höhe von 150,- €, im Schulkeller vorhandenen ausgedienten Möbeln sowie technischem Equipment wie Monitoren und Computer realisiert. Mit der Einbindung einiger mittelständischer Unternehmen, die an der Thematik „Fliegen“ interessiert waren und den Bau des Flugsimulators deshalb aktiv unterstützten, gelang es, kompetente Kooperationspartner zu gewinnen, die auch nach Abschluss der Arbeiten zur Verfügung stehen.

Abschließend sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass ein Flugsimulator bereits mit weit weniger Aufwand verwirklicht werden kann. Dazu benötigt man lediglich einen Stuhl, einen Tisch und das im folgenden genannte technische Equipment!

## Anlagen:

- Materialliste
- Werkzeugliste
- Liste zum technischen Equipment
- Bauzeichnungssatz





# Material & Werkzeuge

## Materialien

- 6 x Europaletten
- 3 x Trittschalldämmplatten (2500 x 900 mm)
- Sperrholzbeplankung „Aufbau“ ca. 6 m<sup>2</sup> (2 mm Stärke)
- Seitenbeplankung Vollholz ca. 8 m<sup>2</sup> (25 bis 30 mm Stärke)
- Sperrholz für Panel ca. 4 m<sup>2</sup>, teilweise doppelbeplankt (5 bis 8mm Stärke)
- ca. 40 m Kanthölzer, pro Leiste max. 2 m (50mm x 35mm )
- 2 Leisten (50 x 8 x 2000 mm)
- 300 Holzschrauben (5 x 90) Senkkopf
- 100 Holzschrauben (3 x 25) Senkkopf
- 8 Maschinenschrauben mit Feingewinde (4 x 40) für Monitormontage
- 2 Schrankgriffe und Magnetschnapper für Regaltüren
- 2 Türscharniere
- 4 Eckwinkel 90°
- Holzlackfarbe, ca. 4 Liter

## Werkzeuge

- 1-2 Akkuschauber oder Bohrmaschinen mit Langsam-/Schnell- und Rechts-/Linkslauf
- Diverse Holzbohrer und Senker
- Diverse Zwingen für Montagearbeiten (mindestens 6 Stück)
- Holzbearbeitungsbank
- 1 Stichsäge mit diversen Holzschneidblättern
- Messmaterial (Stahllineal, Gliedermaßstab , Maßband)
- 1 Handschleifmaschine, Schleifblöcke und Sandpapier in verschiedenen Körnungen

## Technisches Equipment

- 2 flugspezifische Eingabecontroller (Sidestick oder Steuerhorn, Empfehlung: **Saitec**) mit separater Leistungskontrolle (Throttle) und Fußsteuereinheit (Pedals)
- 2 Dualcore Rechner
- Betriebssystem: Windows XP oder besser
- Prozessor: 2,0 GHz oder höher
- Arbeitsspeicher: 2 GB oder mehr
- Festplattenspeicher: mindestens 15 GB
- Grafikkarte: Direct X9 kompatible Videokarte oder höher, 128 MB VRAM oder höher, Shader Model 1 oder höher
- Sound: Direct X9 Hardwarekompatibilität, Soundkarte mit Lautsprechern oder Headset
- Beamer für die Außendarstellung
- 3 Monitore für die Instrumentendarstellung
- Netzwerktechnik zur Verknüpfung der Rechner
- Internetzugang wünschenswert, aber nicht zwingend notwendig
- Software: Microsoft Flight Simulator X, diverse Add-ons sind optional

# Grundplatte

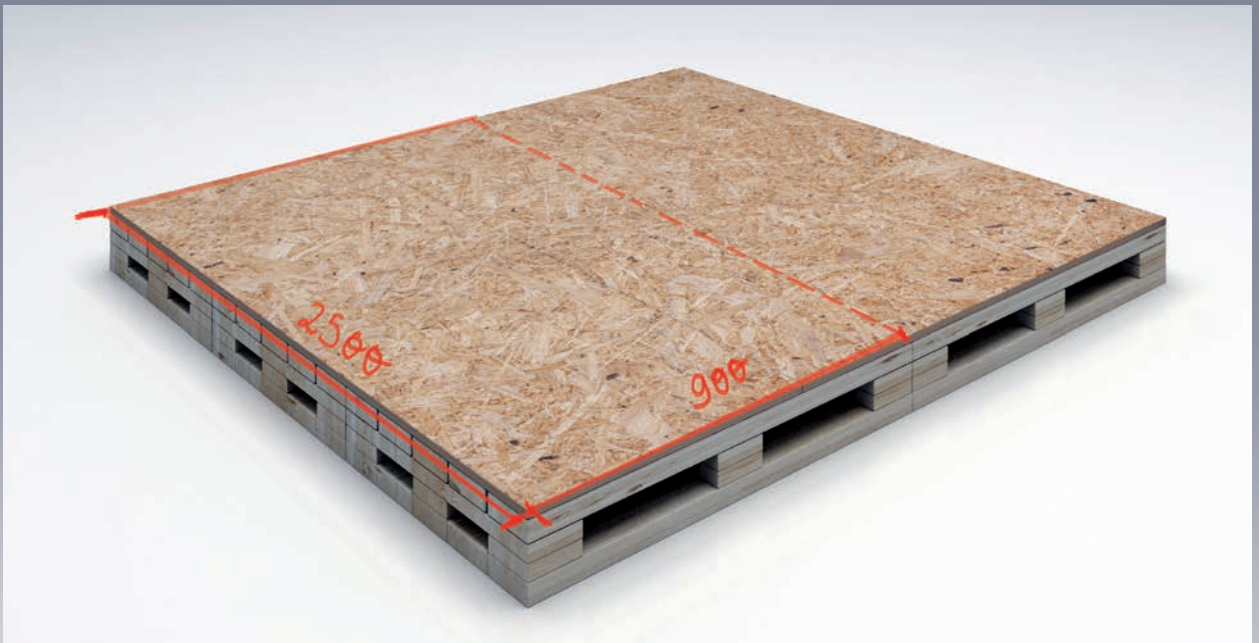
## 1. Schritt



Zuallererst ist die konkrete Position des Simulators im Raum festzulegen. Dabei spielt die Richtung, aus der der Raum betreten wird, eine tragende Rolle. Ebenso sollte die Beschaffenheit der Wände hinsichtlich ihrer Eignung als Projektionsfläche für den Beamer beachtet werden. Sofern die Wandoberflächen für den Beamer ungeeignet sind, lässt sich relativ problemlos eine Projektionsfläche aus einem mit weißer Pappe bespannten Holzrahmen herstellen.

Zur Schaffung des Fundaments für den Flugsimulator werden die sechs Europaletten paarweise quer zur Flugrichtung auf Stoß auf den Boden gelegt. Falls für die Erreichung der lotrechten Lage erforderlich, sind die Paletten mit Holzkeilen oder Leisten zu unterfüttern. Mit Hilfe einer Wasserwaage, die auf den Oberseiten angelegt wird, ist das Lot zu kontrollieren. Die Oberseite der Paletten sollte gleichmäßig eben und waagrecht sein.





Anschließend werden die Bodendämmplatten auf die Europaletten gelegt. Dabei ist zu beachten, dass die Platten auf der gegenüber der Flugrichtung liegenden Kante der Europaletten bündig abschließen. Die Überstände der Platten links und rechts sowie in Flugrichtung sollten gleichmäßig sein. Diese Überstände sollten unbedingt am Fundament belassen werden, insbesondere wenn die Absicht besteht, im Flugsimulator Teppichboden zu verlegen. Die Überstände erleichtern dieses Vorhaben und gegebenenfalls das Verkleben oder Tackern des Teppichs. Wenn kein Teppich gewünscht wird, sind die Überstände nach dem Verschrauben der Bodendämmplatten mit einer Stichsäge abzutrennen.



**Wichtiger Hinweis:** Um ein Splittern des Holzes zu vermeiden, sind alle Schraubenpositionen entsprechend dem Innendurchmesser der Holzschraube mit einem Holzbohrer vorzubohren!!!

Des Weiteren ist beim Verlegen der Bodenplatten darauf zu achten, dass die Nut- & Federverbindung bündig über die gesamte Länge der Platten abschließt. Falls für die Kabelbäume der Rechner keine Kabelkanäle verwendet werden sollen, können die Kabel auch im Mittelkonsolenbereich in den Zwischenräumen der Europaletten gezogen werden. Hierzu sind entsprechende Bodenlöcher anzubringen. Die Verwendung von handelsüblichen Kabelkanälen wird jedoch ausdrücklich empfohlen.





# Grundriss

## 2. Schritt



### Grundriss:

Nun erfolgt die Festlegung der äußeren und inneren Dimensionen des Cockpits. Es ist nicht zwingend erforderlich, die Rahmensegmente und Bauteilgruppen vorzufertigen, bevor sie auf der Bodenplatte montiert werden oder gar die Leisten auf Gehrung zu schneiden. Die Erfahrung hat gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler, die im Umgang mit Werkzeugen ungeübt sind, mit rechten Winkeln leichter zurecht kommen und schneller Sicherheit im Umgang mit Material und Werkzeugen gewinnen, indem sie Leisten auf Stoß im rechten Winkel zueinander montieren (Lego-Prinzip). Dabei sollte aber unbedingt auf Messsicherheit und -genauigkeit geachtet und vor der Montage von Leisten und Platten deren plangerechte Position kontrolliert werden. Doppelte Aufmerksamkeit ist hier nicht zu viel! Der Toleranzbereich für den gesamten Simulator ist mit 5 mm festgelegt. Dies bietet die Gewähr für einen sicheren und haltbaren Aufbau.

### Seiten- und Mittelkonsole:

Der Aufbau des Cockpits sollte von unten nach oben erfolgen. Nachdem die Verbindung aller Seiten- und Rückwände mit den auf der Bodenplatte verschraubten Bodenleisten abgeschlossen ist, geht es mit dem Bau der Seitenkonsolen weiter. Dass die Konstruktion anfänglich sehr wackelig erscheint, sollte kein Anlass zur Sorge sein. Die Festigkeit des gesamten Cockpits steigt im Zuge der Montage der stabilen und dicken unteren Seiten- und Rückwandbeplankung mit Vollholzplatten proportional an.

Nachdem die Seitenkonsolen auf der rechten und linken Cockpitseite angebracht worden sind, erfolgt die Montage der Mittelkonsole. Alle Konsolen dienen der späteren Unterbringung der Computertechnik. Es ist zweckmäßig, jeweils mindestens eine Seite der Konsolen zunächst unverkleidet zu lassen. Das erleichtert unter anderem den Feinschliff (Finishing).

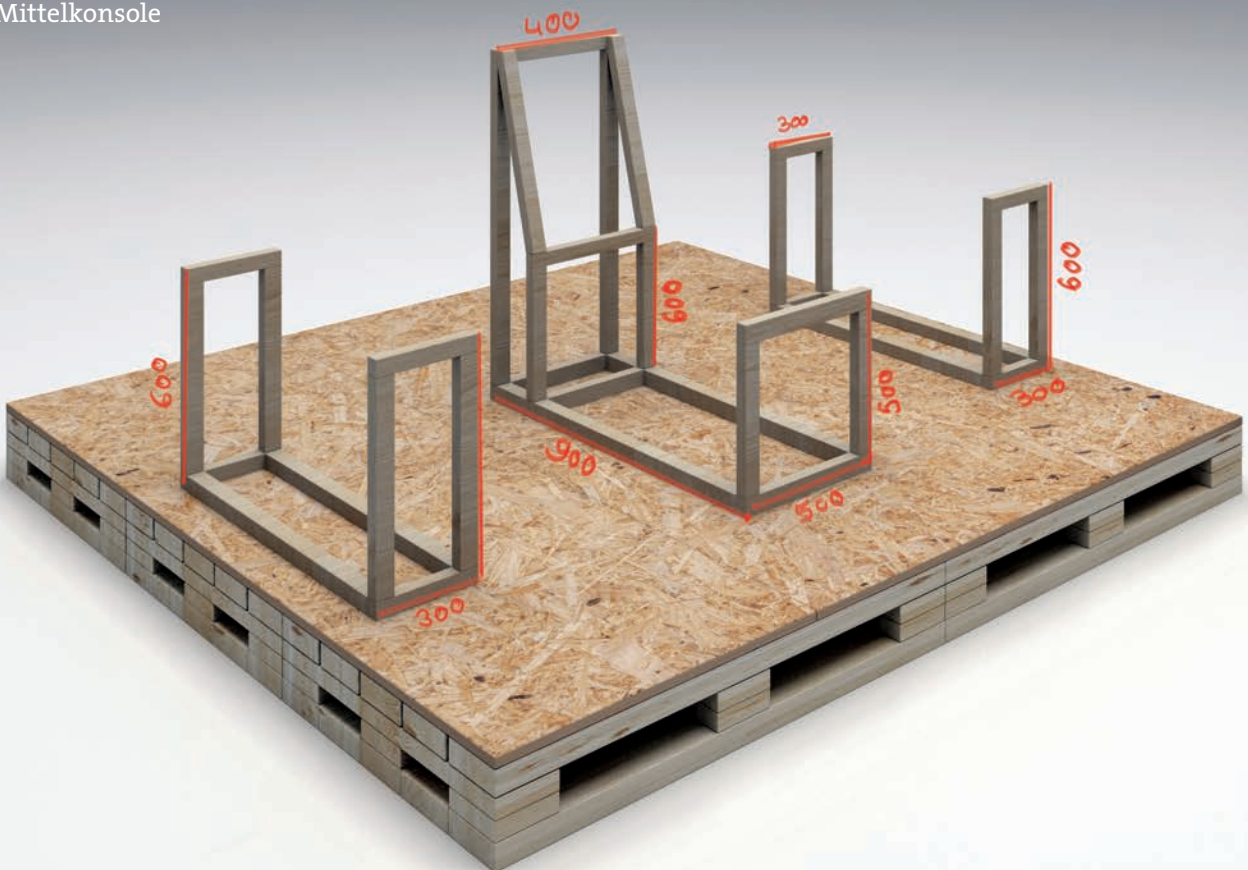
Bei der Mittelkonsole ist der von vorn nach hinten leicht abfallende Neigungswinkel zu beachten. Dadurch ergibt sich in der Nutzungsphase eine angenehmere Ergonomie.



Grundriss



Seiten- und Mittelkonsole





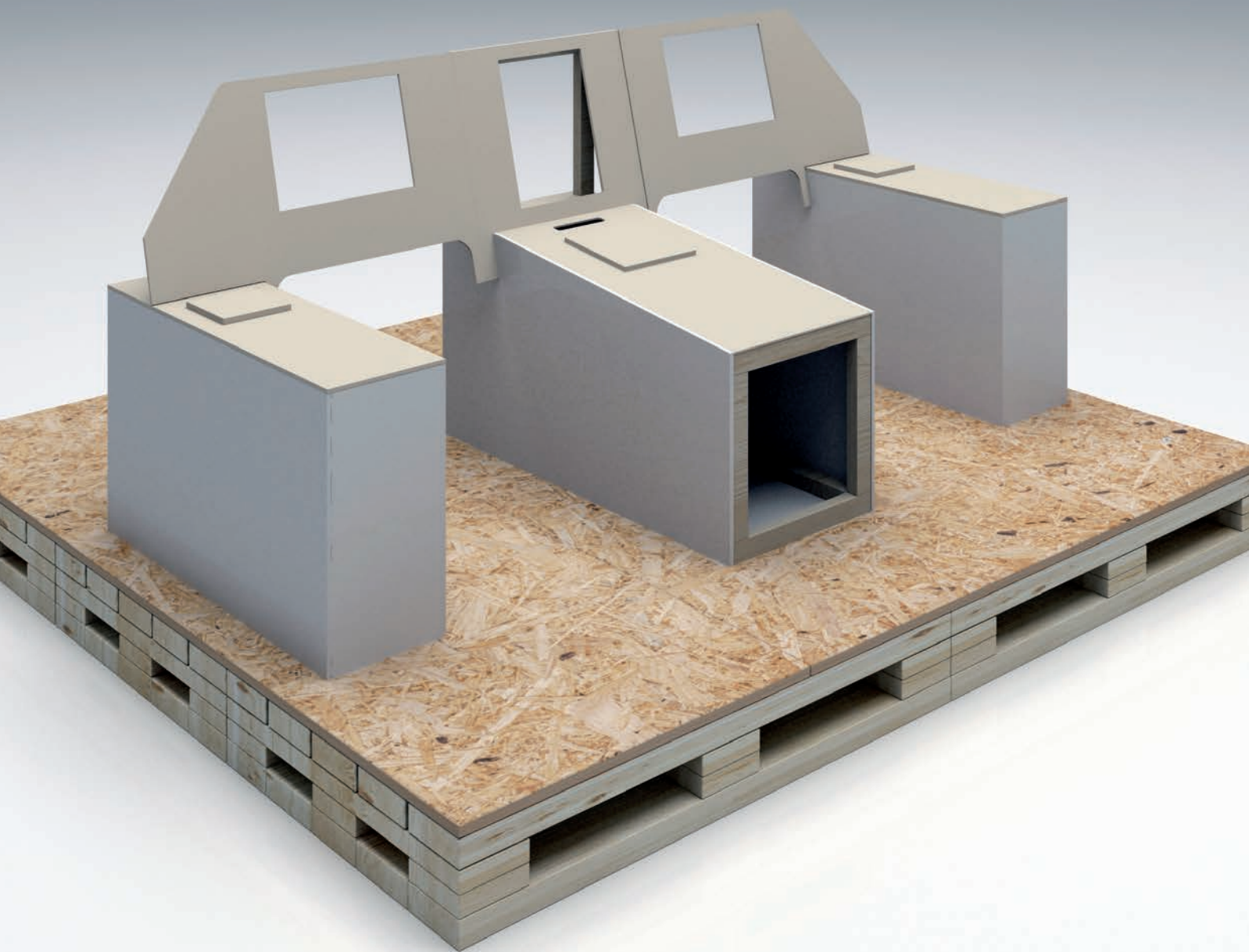
## Unterkonstruktion des Panels:

Nachdem der Rohbau der Mittelkonsole abgeschlossen ist, erfolgt der Bau der Rahmenkonstruktion des Instrumentenbretts (Panel). Mit der Länge der senkrechten in Flugrichtung angebrachten Leisten werden Neigungswinkel und gleichzeitig Höhe des Panels festgelegt. Hierbei sollte die Orientierung an der durchschnittlichen Körpergröße der künftigen Nutzerinnen und Nutzer, die zumeist Jugendliche sein werden, erfolgen. „Probesitzen“ kann in diesem Zusammenhang nichts schaden! Die im Plan angegebenen Maße orientieren sich an den durchschnittlichen Körpergrößen von Schülerinnen und Schülern der 6. bis 10. Klassen. Höhenverstellbare Sitzmöglichkeiten bieten diesbezüglich übrigens mehr Spielraum und Flexibilität.



Anschließend wird die obere durchgängige Abschlussleiste des Panels montiert. Danach kommen die geteilten unteren Abschlussleisten an die Reihe. Dabei ist sorgfältig darauf zu achten, dass die jeweils rechte und linke Seite mit den in Flugrichtung zeigenden Vorderkanten der Seitenkonsolen verschraubt werden. Die durch den Winkel des Panels bedingten Freiräume sind an den Berührungspunkten mit Keilleisten aufzufüllen, bevor die Verschraubung erfolgt.





# Rückwand

## 3. Schritt



Die Montage der äußeren Leisten der Rückwand dürfte den Schülern keine Probleme bereiten, denn inzwischen konnten sie ja bereits ausreichend Erfahrungen sammeln. Es ist angebracht, die Leisten zunächst 10 cm länger als auf dem Plan angegeben zu lassen, da dann leichter der entstehende Winkel der Deckenabschlussleiste an der Rückseitenwand abgenommen und angepasst werden kann. Diese beiden Randleisten sind die einzigen, die mit Winkeln an den Bodenleisten verschraubt werden. Im nächsten Schritt werden die inneren Rückwandleisten montiert. Diese bilden den Türrahmen des Cockpits. Sie sind direkt mit den Bodenleisten der Rückwand auf Stoß zu verschrauben. Danach werden beide Rahmenleisten mit der oben befindlichen Abschlussleiste in einem 90°-Winkel verbunden.

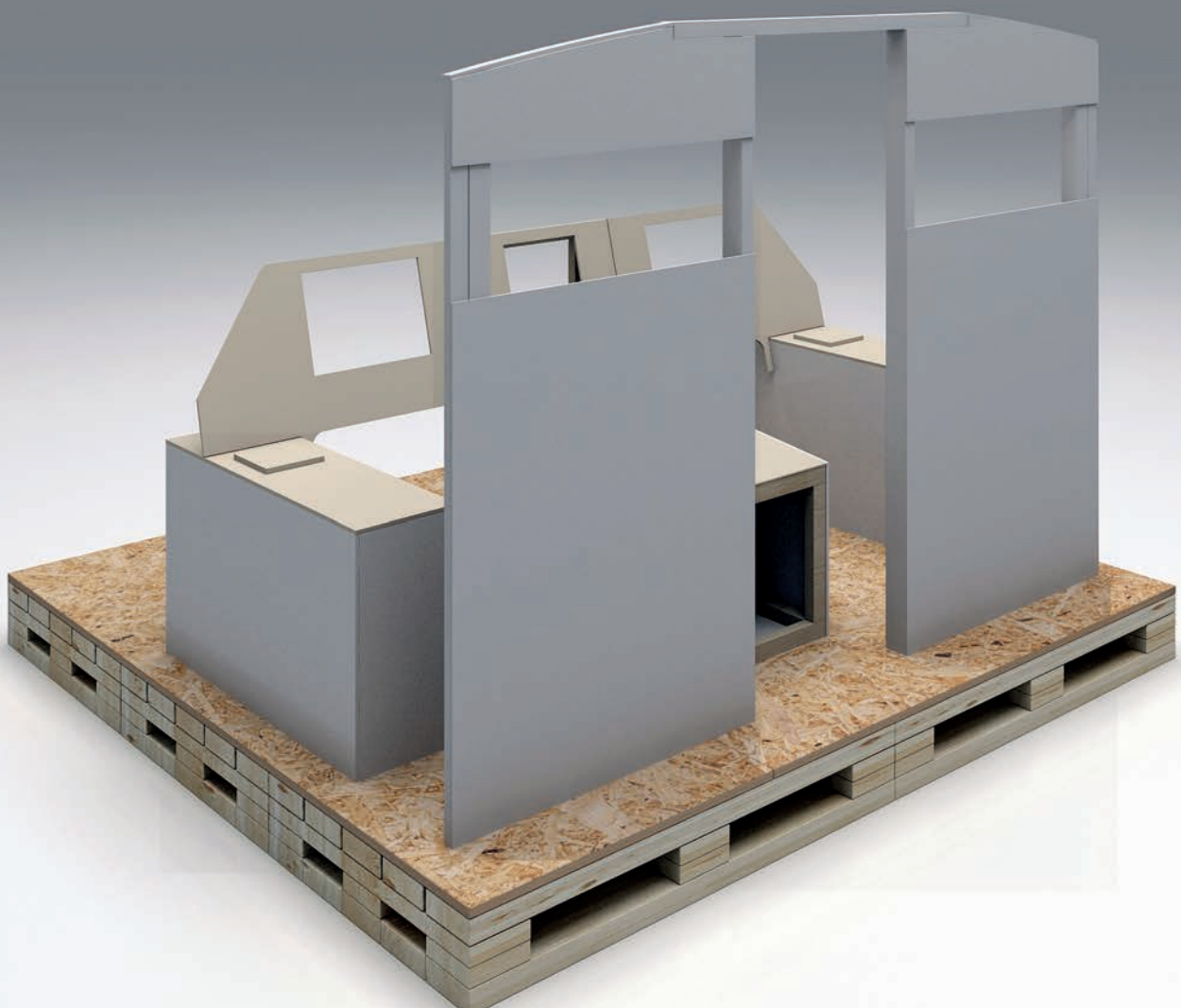
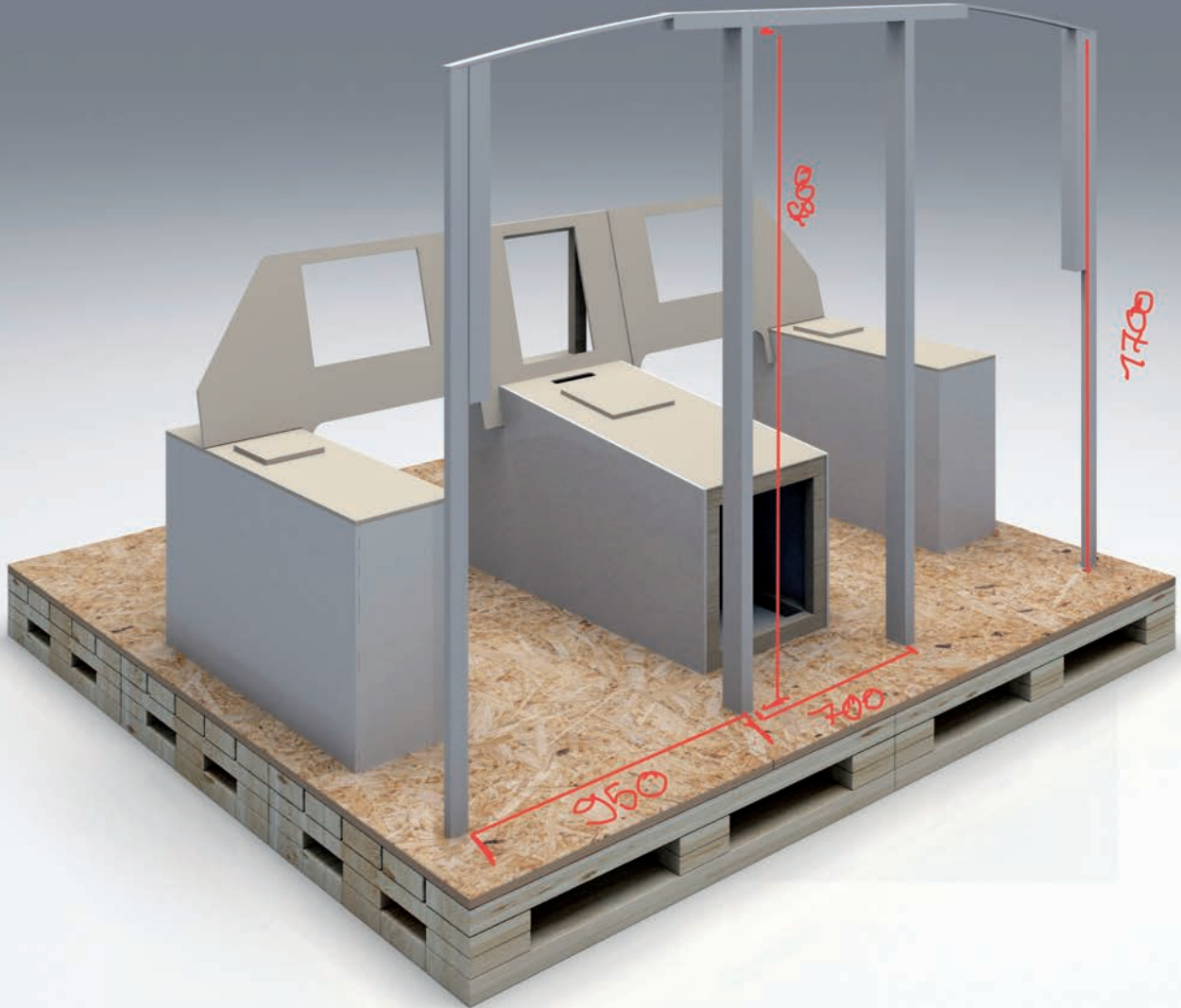
Nachfolgend werden die unteren Seitenbeplankungen aus Vollholz durchgängig mit den Seitenkonsolen und den äußeren Rückwandleisten verschraubt. Die benötigte Stabilität ist damit hergestellt. Nicht nur aus ästhetischen Gründen sollte beim Verschrauben auf Rechtwinkligkeit aller Leisten zueinander geachtet werden. Im nächsten Arbeitsgang werden die Deckenabschlussleisten (50 mm x 8 mm x 2000 mm) - ausgehend von der Centerline (CL) des Cockpits - links und rechts wegführend mit der oberen Abschlussleiste des Türrahmens verbunden. Dazu sollten mindestens jeweils 5 Senkkopfschrauben in einem gleichbleibenden Abstand versetzt zueinander eingeschraubt werden. Nun werden die Leistenenden vorsichtig jeweils soweit heruntergebogen, dass sie die Höhe von 1700 mm



an den äußeren Rückwandleisten erreichen. Der Verlauf der Deckenabschlussleisten ist auf der jeweiligen äußeren Rückwandleiste zu markieren. Sollten die Deckenabschlussleisten einer zu großen Spannung ausgesetzt sein, ist ein geringerer Radius zu wählen, um deren eventuelles Brechen zu vermeiden. Alternativ können die Leisten nach einem Wasserbad in einer Vorrichtung vorgebogen werden. Dieser Arbeitsschritt ist jedoch extrem langwierig. Nachdem der Verlauf der Deckenabschlussleisten links und rechts gleichmäßig übertragen wurde, sind die Überstände mit einer Stichsäge abzuschneiden. Danach verschraubt man die Deckenabschlussleisten mit den äußeren Rückwandleisten mittels Senkkopfschrauben.

Nunmehr erfolgt die Verschraubung der Rückwandbeplankung ab den äußeren Rückwandleisten und den Türrahmenleisten. Um einen späteren Einblick in das Cockpit während des Flugbetriebs zu gewähren, sind in Kopfhöhe Plexiglasscheiben einzusetzen. Die verbleibende Vollholzbeplankung sorgt für eine überdurchschnittliche Stabilität der Rückwand und des gesamten Cockpits. Zum Abschluss wird die aus einem Vollholzbrett bestehende Tür an den Türrahmen angepasst und mit zwei reichlich bemessenen Scharnieren befestigt. Als Türgriffe haben sich handelsübliche Schrankgriffe bewährt, die innen und außen an der Tür montiert werden. Ein ausreichend dimensioniertes Magnetschloss sichert den zuverlässigen Verschluss des Cockpits.





# Instrumentenbrett (Panel)

## 4. Schritt

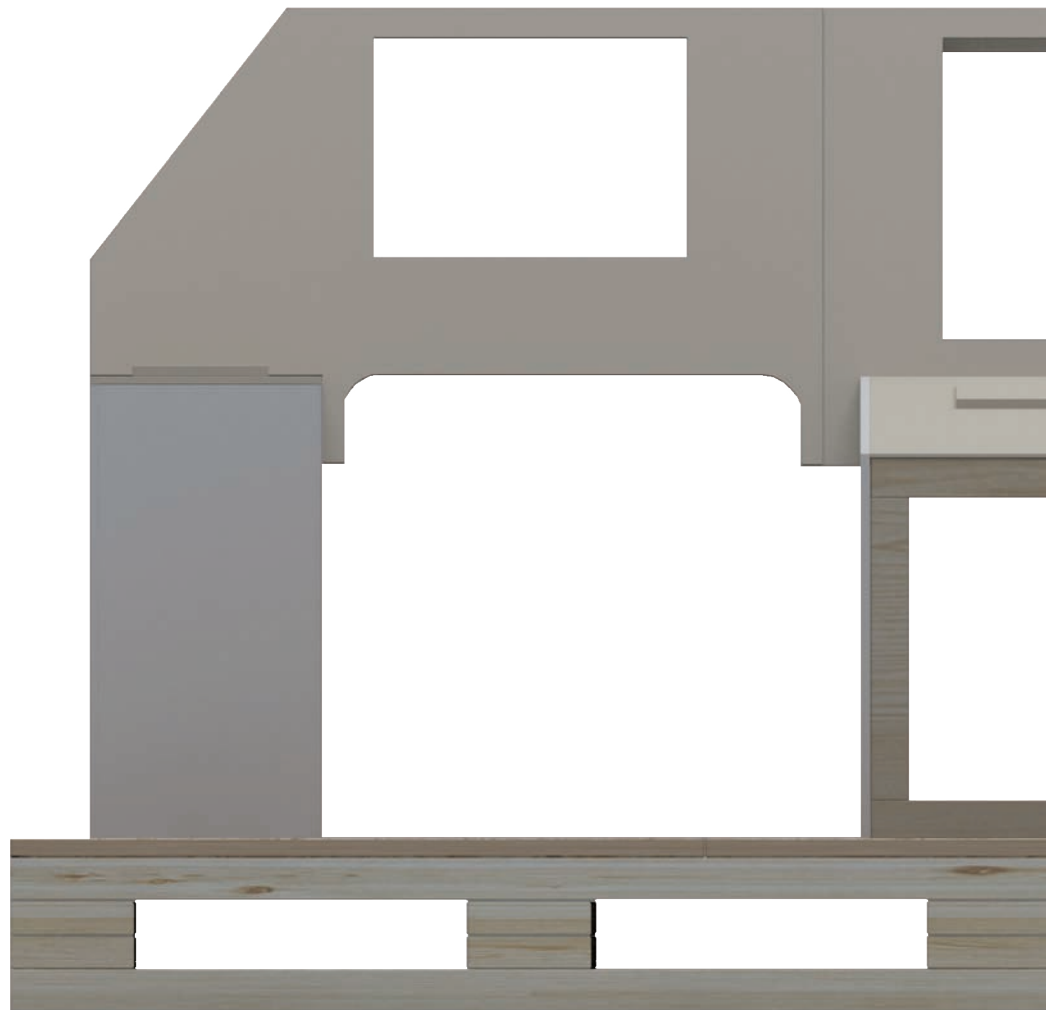


Die für das Panel vorgesehene Sperrholzplatte ist auf die Panelunterkonstruktion aufzulegen und vorsichtig von vorn in das Cockpit einzupassen. Alle Radien der oberen und seitlichen Abmessungen sind anzupassen, die obere Abschlusskante wird grob markiert. Dabei ist ein ausreichender Überhang an der Unterkante zu berücksichtigen, damit am Ende eine originalgetreue Optik erreicht wird. Zunächst wird die Sperrholzplatte wieder entfernt und der obere Überstand abgetrennt. Sodann sind alle Rundungen sauber auszuarbeiten. Kleinere Überstände oder Beschädigungen am Rand des Panels werden im Zuge der Endbearbeitung weggeschliffen.

Der grobe Umriss des künftigen Panels ist nunmehr vorhanden. Der soeben abgetrennte Überstand dient als Material für die Doppel-

beplankung an den Pilotenarbeitsplätzen. An diesen Stellen wird eine erhöhte Stabilität des Panels benötigt, da Einbaugröße und Gewicht der verwendeten Monitore variieren können. Auch wenn künftig neuere Darstellungssysteme nachgerüstet werden sollen, ist die erhöhte Stabilität von Vorteil.

Die Verstärkungen (Doppelbeplankung) sind mit handelsüblichem Holzkaltleim sauber aufliegend an ihren vorgesehenen Positionen zu verleimen. Vorher sind die Leimflächen sorgfältig von Staub und anderen Verunreinigungen zu befreien. Der Leim ist gleichmäßig satt aufzutragen, ohne dabei zu viel des Guten zu tun. Um eine saubere und haltbare Klebeverbindung zu erzielen, ist es erforderlich, einen gleichmäßigen Druck über die gesamte Leimfläche zu erzeugen. Die



Verwendung von Pressbeilagen und einer ausreichenden Anzahl von Leimzwingen ermöglicht dies. Beim Pressen austretender überschüssiger Leim sollte umgehend - im noch feuchten Zustand - entfernt werden. Danach das Panel etwa 24 Stunden austrocknen lassen. (Benutzerhinweise des Leimherstellers beachten!).

Nach der Trocknungsphase ist das Panel aus der Pressvorrichtung zu nehmen. Eine anschließende Kontrolle der Qualität der Verleimungen zeigt, ob sorgfältig gearbeitet wurde. Ein gleichbleibender Klang an den Leimstellen und an verschiedenen Stellen der Flächen spricht für eine ausreichende Festigkeit dieser Verbindungen.

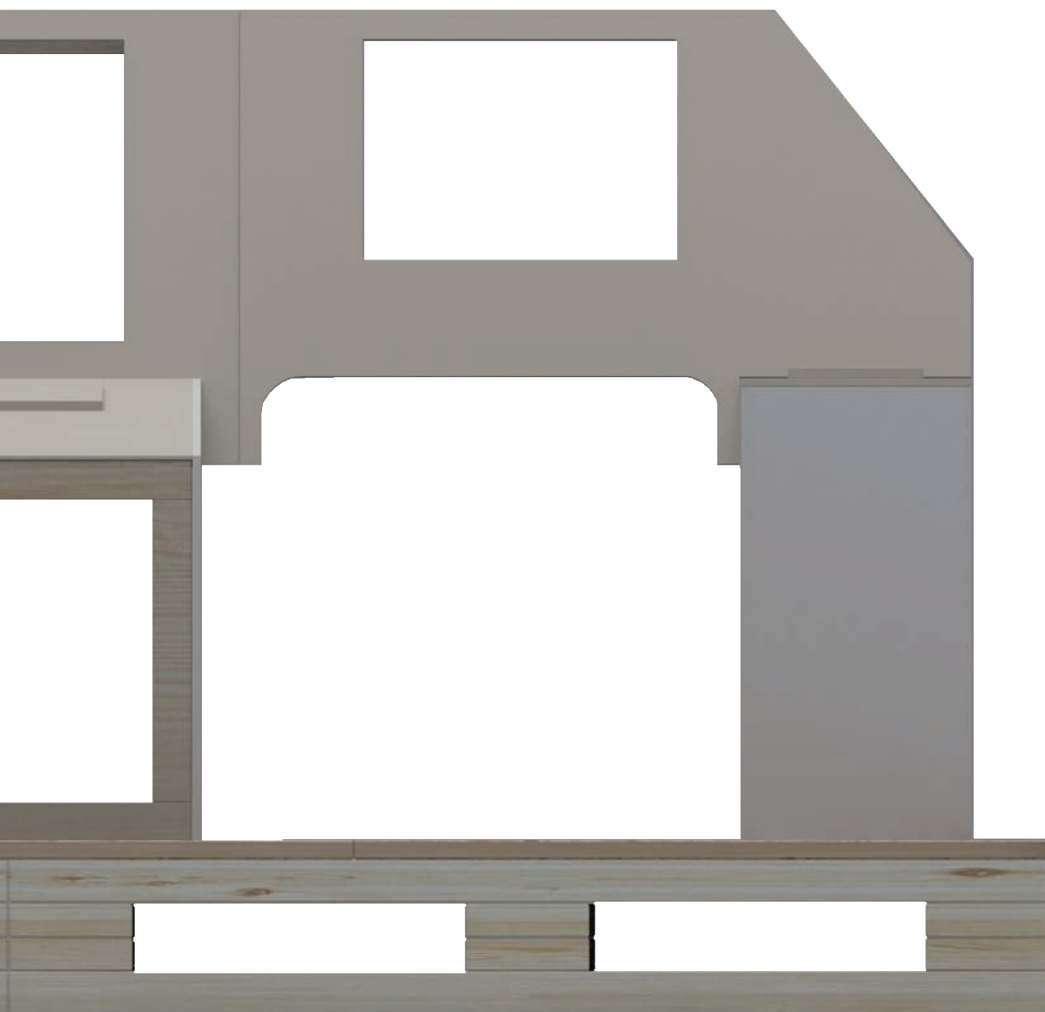
Nun ist das Panel von vorn in das Cockpit so auf die Unterkonstruktion zu legen, dass es möglichst plan auf dieser aufliegt. Eventuelle Lücken (zum Beispiel an der oberen Abschlusskante) sind mit Keilleisten aufzufüllen, um Beschädigungen des Panels beim Verschrauben zu vermeiden. Hierbei ist besondere Sorgfalt erforderlich, da später im Prinzip

alle Nutzer permanent auf diesen Abschnitt des Simulators schauen werden. Das Panel ist symmetrisch auszurichten. Danach werden die Schraubenpositionen auf dem Panel markiert.

Nunmehr sind alle Schraubenlöcher wie eingangs beschrieben vorzubohren und die Schrauben einzudrehen. Damit ist das Panel komplett montiert. Im nächsten Arbeitsschritt werden alle Rundungen des Panels an die Endmaße angepasst, wobei die Beplankungen der Seiten- und Mittelkonsole zu berücksichtigen sind. Es empfiehlt sich, diese Arbeitsschritte miteinander zu verbinden. Für alle Arbeits- bzw. Oberflächen der Konsolen ist eine stabile Vollholzbeplankung ein Muss. Diese sind nämlich künftig – vor allem „im Eifer des Gefechts“ durchaus hohen Belastungen ausgesetzt. Die Seitenbeplankungen dürfen ruhig mit schwächerem Material ausgeführt werden, allerdings sollte man auch hier die Kraft eines Beines beim elanvollen Ein- und Aussteigen nicht unterschätzen! Für die Gesamtstabilität des Cockpits sind diese Bauteile aber eher von untergeordneter Bedeutung.

**Tipp:**

Für den Endeinbau werden Edelstahlsenkkopfschrauben empfohlen, die später nicht überlackiert werden sollten!



# Seiten- und Deckenbeplankung

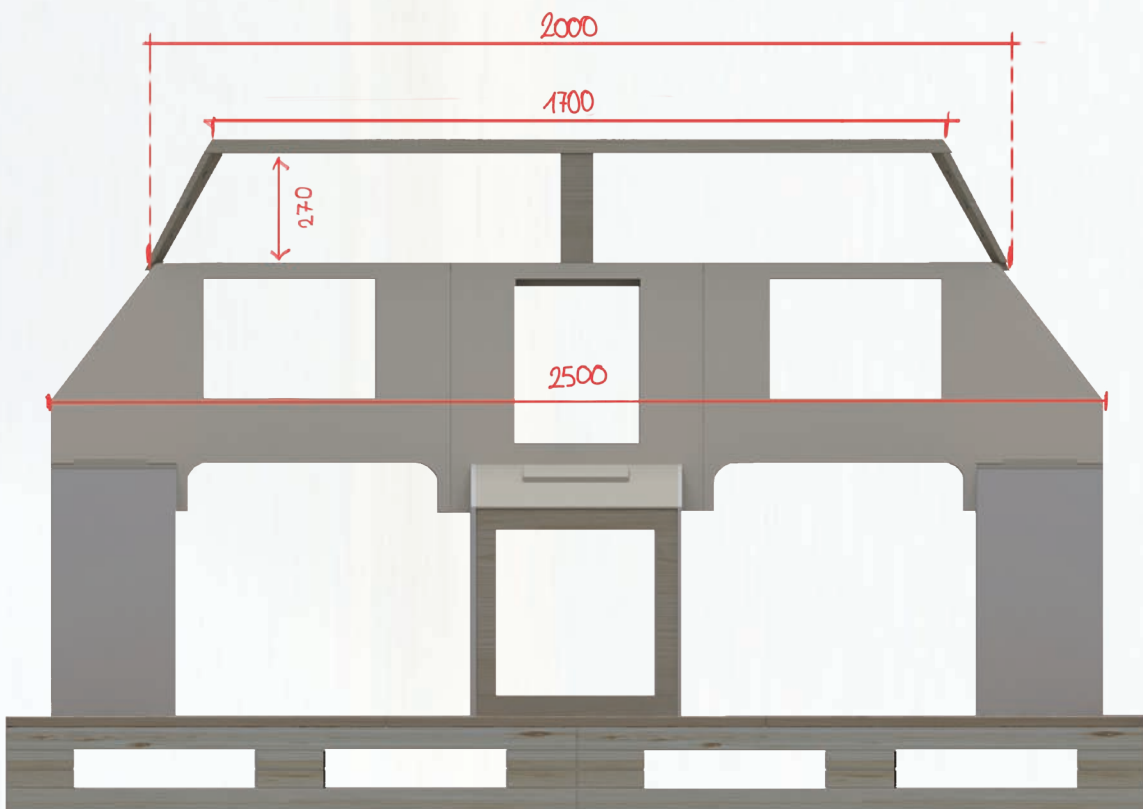
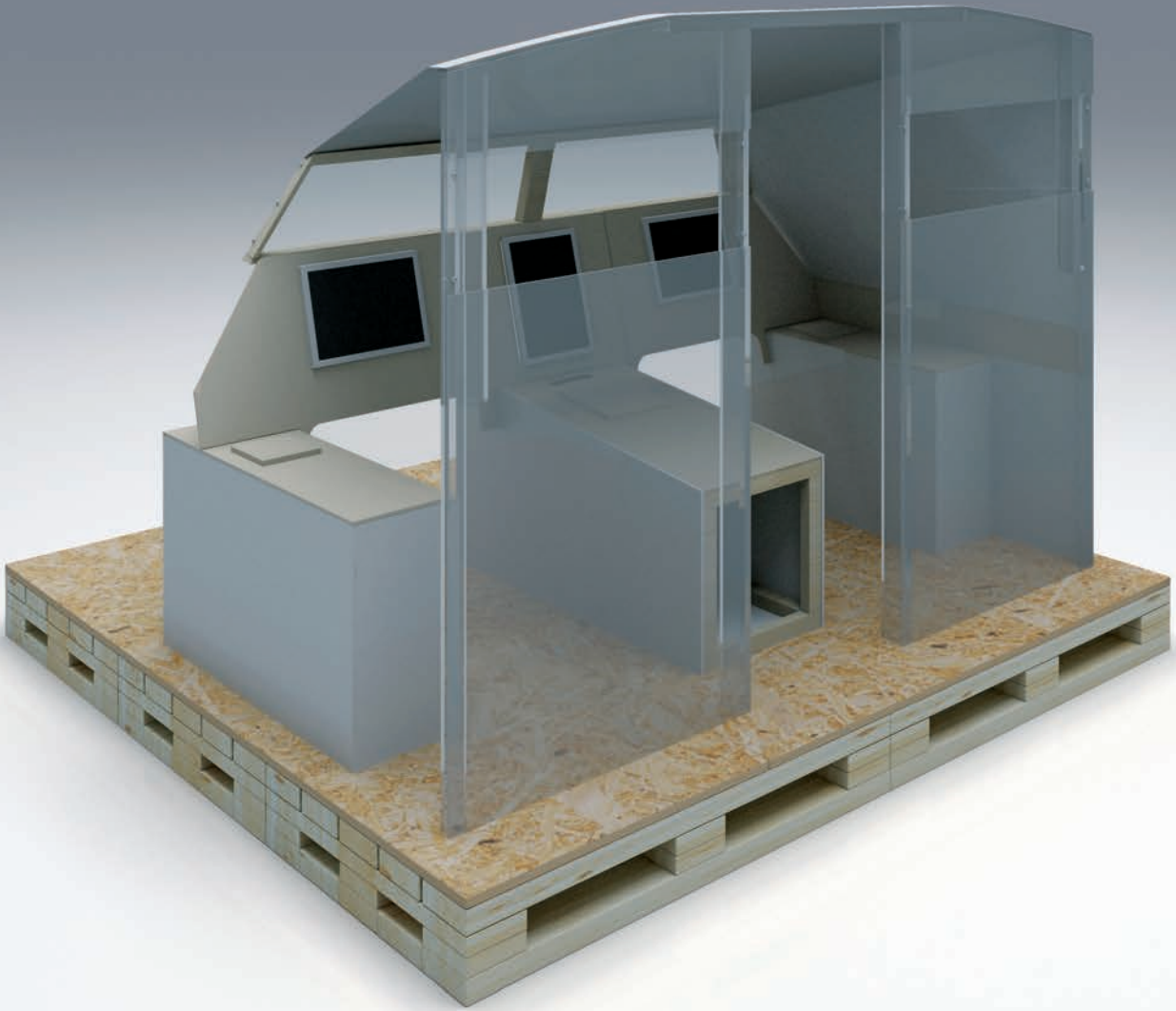
## 5. Schritt



Vor der Montage der Deckenbeplankung ist das Cockpitfest einzubauen. Eine Verglasung ist nicht von Nöten. Sie könnte unter Umständen sogar durch Reflexionen die Sicht nach vorn behindern, was für einen Flugsimulator kontraproduktiv wäre. Die seitlichen Rahmenleisten an der Außenkante des Fensters sind als Verlängerung des Winkels vom Panel anzupassen. Das Fenster selbst ist in einem offenen Winkel von ca. 150° zum Panel ins Cockpitinnere geneigt. Die obere Abschlussleiste des Fensters verbindet die beiden Randleisten des Fensters, erhält mittig eine Abstützstrebe und wird innen sowie außen mit Senkkopfschrauben verschraubt. Nun ist die Deckenbeplankung aufzulegen und als erstes mit der Rückwand zu verschrauben. Dabei ist auf einen gleichmäßigen Schraubenabstand zu achten. Danach wird die Beplankung mit der oberen Fensterabschlussleiste verschraubt. Überstände werden entfernt, abschließend ist zu schleifen.

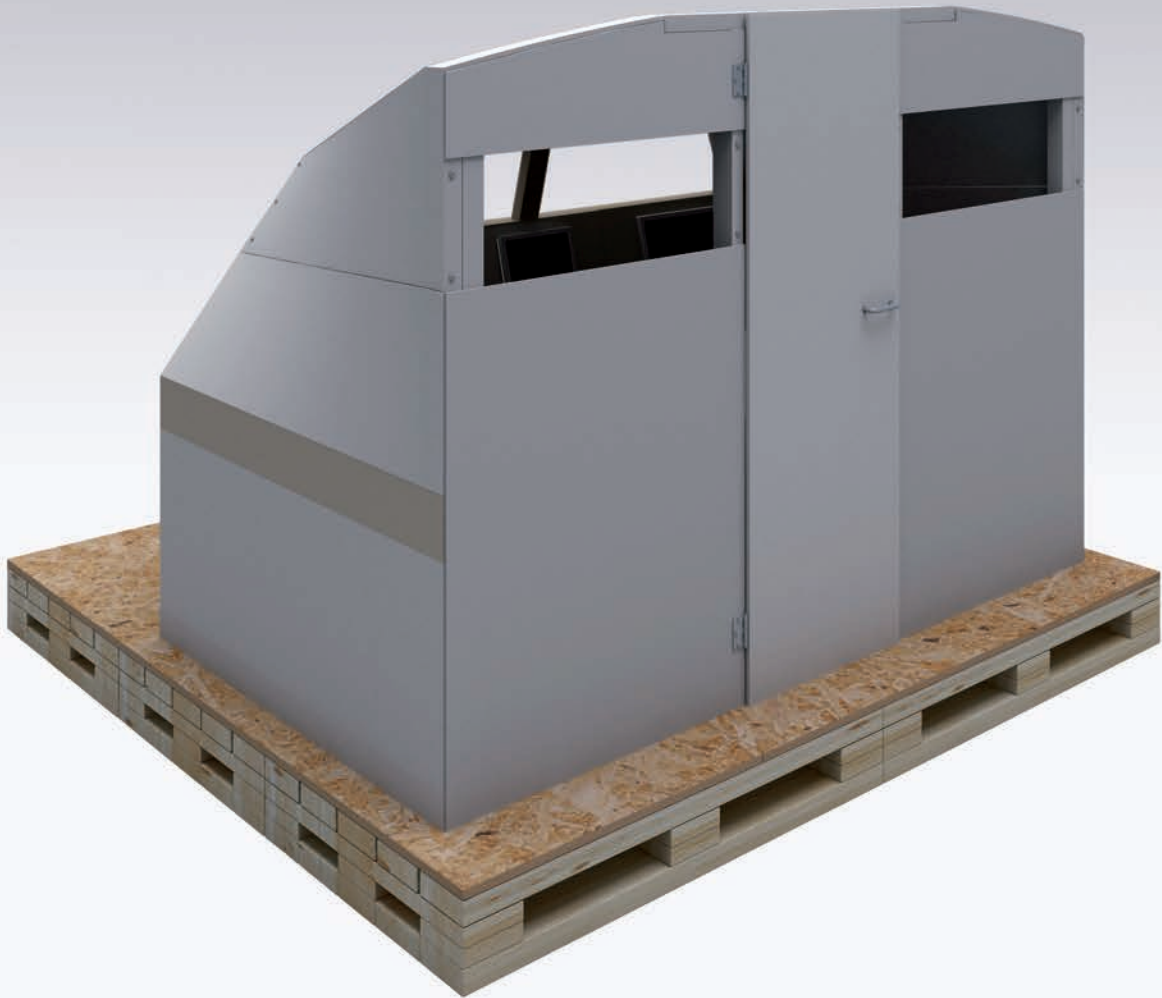
Die seitlichen Beplankungen werden ebenfalls zuerst an den Seiten der Rückwand verschraubt und dann an den Seiten des Panels befestigt, dessen Fläche mit einer zusätzlich montierten breiten Leiste oder einem Klotz auf der Rückseite vergrößert wird. Dabei ist zu beachten, dass zum Verschrauben ausschließlich die zusätzliche Leiste genutzt wird! Die Sperrholzlehne passt sich problemlos der Wölbung an. Es ist sicherzustellen, dass die Sperrholzlehnenlänge und somit die entstehende Außenwölbung zur gegenüberliegenden Seite symmetrisch ist. Bei eventuell entstehenden Spalten können diese entweder offen gelassen oder durch zusätzliche Abdeckfahnen verschlossen werden. Das Cockpit neigt tendenziell eher dazu, zu dunkel zu sein. Die Öffnungen lassen also zusätzliches Licht ins Cockpit und sorgen für eine angenehmere Luftqualität bei längerem Betrieb. Sofern symmetrisch gearbeitet wurde, fallen die Öffnungen nicht einmal unangenehm auf.





# Technisches Equipment

## 6. Schritt



## Finishing

Alle überstehenden Kanten und Ecken sind zu verschleifen, abstehende Splitter-, Säge- und Feilrückstände zu entfernen. Diese stellen unter Umständen ein nicht zu vernachlässigendes Verletzungspotential dar und beeinträchtigen das Erscheinungsbild des Flugsimulators.

Anschließend sind alle zu lackierenden Flächen im Innen- und Außenbereich mit grobem Sandpapier anzurauen. Die Farbgebung bleibt dem Ermessen und dem individuellen Geschmack überlassen. Beispiele und Anregungen hierfür lassen sich ausreichend im Internet finden. Die am Bau beteiligten Schülerinnen und Schüler werden sicherlich ihre eigenen Ideen einbringen wollen – und können.





## Montage des technischen Equipments

### Hand- und Fußsteuerung:

Steuerhörner benötigen gegebenenfalls eine Unterbaukonstruktion auf der Rückseite des Panels, die in Abhängigkeit vom verwendeten System angepasst werden muss. Die Stabilität des Panels wurde so dimensioniert, dass diese Arten von Zusatzbauteilen verkraftet werden.

Sidesticks können ohne Probleme auf der Arbeitsfläche der Seitenkonsolen montiert und verschraubt werden. Alle Kabelbäume können bei Bedarf durch die Arbeitsplatte verlegt und auf der Rückseite des Panels zusammengefasst und zu den Rechnern geführt werden. Dazu sind entweder Kabelkanäle, -schläuche oder -binder zu benutzen, die auf der Panelrückseite fixiert werden können.

Der Leistungshebel (Throttle) wird auf der Mittelkonsole durch Verschraubung so befestigt, dass er von beiden Pilotenpositionen aus gut erreichbar ist. Falls (noch) keine Touchscreens vorhanden sind, ist ausreichend Platz für eine Tastatur und Mouse vor und hinter dem Throttle freizulassen. Kabel werden auch durch die Abdeckplatte in das Innere der Mittelkonsole geführt.

Die Fußsteuerung (Pedals) wird direkt mit der Bodenplatte verschraubt. Alternativ ist die Konstruktion einer Verstellchiene denkbar. Beim Prototyp war diese jedoch nicht erforderlich, da hier höhenverstellbare Sitzmöglichkeiten zum Einsatz kamen.

### Monitore:

Die Aussparungen im Panel sind an das optimierte Mindestmaß der Monitore anzupassen. Für deren Befestigung sind die vom Hersteller vorgesehenen Verschraubungspunkte auf der Rückseite der Monitore zu nutzen. Als Verschraubungsgrundplatten bieten sich die ausgeschnittenen Platten aus dem Panel an. Zwischen Panelrückwand und Schraubgrundplatten sind Distanzklötze zu setzen. Die Erstellung einer Bohrschablone für die o. g. Verschraubungspunkte wird empfohlen.

### Rechner:

Die Rechner sollten möglichst nicht zu dicht beieinander stehen. Außerdem ist darauf zu achten, dass sie gerade stehen und alle Entlüftungen hindernisfrei ihre Abluft an den Raum abgeben können. Geeignete Nutzflächen dafür sind die Innenbereiche der offenen und frei zugänglichen Seiten- und Mittelkonsolen (offen entgegen der Flugrichtung).

### Beamer:

Bei Montage und Nutzung des Beamers sind die Hinweise und Empfehlungen des Herstellers zu beachten. Es empfiehlt sich, keine direkte Verbindung zwischen Beamer und Cockpit herzustellen. Stattdessen sollte eine Decken- oder Wandbefestigung gewählt werden. Ist das geschafft, steht der feierlichen Eröffnung des Flugbetriebes nichts mehr entgegen.

Die Autoren wünschen allzeit guten Flug!



## FLIEGEN

### Kostenloses Unterrichtsmaterial der Deutschen Flugsicherung

Der uralte Menschheitstraum vom Fliegen, der keinen Geringeren als Leonardo da Vinci zu seinen der Zeit weit vorausseilenden kühnen Entwürfen von „Flugmaschinen“ anregte, die Brüder Montgolfier einen Heißluftballon konstruieren ließ, mit dem sich mutige Zeitgenossen in den Himmel über Paris und Versailles erhoben, aber auch Albrecht Ludwig Berblinger – dem legendären „Schneider von Ulm“ - 1811 ein unfreiwilliges Bad in der Donau bescherte und Otto Lilienthal 1896 das Leben kostete, hat auch im Zeitalter von „Super Dreamliner“ und Airbus nichts von seiner Faszination eingebüßt. Wachsende Luftflotten, neue Flugzeugtypen, aber auch die in immer kürzeren Abständen erfolgenden Starts und Landungen auf den internationalen „Luftdrehkreuzen“ fordern hoch motiviertes und optimal qualifiziertes Personal – in der Luft und am Boden. Junge Menschen für das interessante und umfangreiche Aufgabenspektrum in der Luftfahrt zu begeistern, ist deshalb ein „Gebot der Stunde“. Um in dieses Berufsfeld einzusteigen, benötigt man neben einer tadellosen Gesundheit, körperlichen Fitness und Konzentrationsfähigkeit umfassende naturwissenschaftliche und technische sowie Fremdsprachenkenntnisse (Englisch ist die internationale Piloten- und Fluglotsensprache), Teamgeist und Kommunikationskompetenz. Die Zahl derer, die diese hochgesteckten Voraussetzungen erfüllen, ist natürlicherweise begrenzt.

Interessenten  
bestellen ihr  
Printexemplar  
unter folgender  
Adresse:  
schule@dfs.de



Ausbildungsunternehmen wie die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH konkurrieren trotz ihrer attraktiven Angebote und glänzenden Berufsperspektiven für künftige Fluglotsen, Ingenieure und Informatiker mit zahlreichen anderen Unternehmen um die besten AZUBIS. Um jungen Menschen diese Angebote nahezubringen – und auch das umfassende Aufgabenfeld der Flugsicherung vorzustellen – hat die DFS gemeinsam mit Klett MINT eine umfangreiche Sammlung von Lerneinheiten für den Fachunterricht in der Oberstufe erarbeitet.

**Kostenloser Download:** <http://bit.ly/1hHNcf9>

Der 176-seitigen Broschüre ist eine CD-ROM mit Kopiervorlagen, Aufgaben und deren Lösungen beigelegt. Das Unterrichtsmaterial bietet reichlich Stoff für Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Geographie, bilingualen und fächerübergreifenden Unterricht.

Darüber hinaus stehen unter [www.dfs-schule.de](http://www.dfs-schule.de), dem Schul- und Unterrichtsservice der DFS, weitere pädagogisch aufbereitete Unterrichtsthemen zum Download oder kostenlos als Ausdruck mit fertigen Farbfolien bestellbare Materialien zur Verfügung. Jeder Unterrichtsvorschlag enthält eine kurze didaktische Einführung für Lehrerinnen und Lehrer.

#### IMPRESSUM

##### Herausgeber

Technische Jugendfreizeit- und  
Bildungsgesellschaft (tjfbg) gGmbH

##### Kontakt

KON TE XIS  
c/o Technische Jugendfreizeit- und  
Bildungsgesellschaft (tjfbg) gGmbH  
Wilhelmstraße 52 · 10117 Berlin  
Telefon (030) 97 99 130  
info@kontexis.de | www.kontexis.de  
Geschäftsführer: Thomas Hänsgen  
Amtsgericht Berlin-Charlottenburg  
HRB 121600 B

##### Redaktion

Sieghard Scheffczyk

##### Fotos

Klaus Adamaschek & René Beator

##### 3D-Illustrationen

Taisir Yakupov

##### Satz & Layout

Stephan Goltz & Sascha Bauer

##### Druck

PinguinDruck  
Auflage. 1000  
ISSN 1869-9987

##### Stand

Oktober 2015

Das Copyright liegt bei den Herausgebern. Reproduktion und Veröffentlichungen von Inhalten dieser Publikation in jeglicher Hinsicht bedürfen der Genehmigung der Herausgeber. Hinsichtlich der Auswahl von Dienstleistungen und Produkten von Drittanbietern sowie für Verweise auf Informationen Dritter übernimmt die tjfbg gGmbH keine Haftung. Alle Rechte an verwendeten Marken und Begriffen liegen bei den jeweiligen Anbietern/Inhabern. Für etwaige Schäden, die aufgrund von Hinweisen auf Drittanbieter sowie durch die Nutzung von Hard- und Software entstehen können, haftet die tjfbg gGmbH nicht.