

A close-up photograph of a 3D printer's nozzle printing a ring. The ring is composed of many small, orange, trapezoidal segments arranged in a circle. The printer's nozzle is positioned above the ring, and a thin orange filament is visible. The background shows the mechanical parts of the printer, including a metal rod and a yellow component. The entire scene is set on a blue surface.

# 3D-Drucken im Bildungsbereich

Anforderungen und Beispiele



# 3D-Drucken,

Am 22. und 23. September 2017 trafen sich an der FHNW in Brugg-Windisch Expertinnen und Experten zu einem Workshop über 3D-Drucken im Bildungsbereich, den die SATW ermöglicht hatte.

Die Fachleute aus der Schweiz, aus Deutschland und aus den Niederlanden berichten in den nachfolgenden Beiträgen über ihre Erfahrungen mit 3D-Gestaltung und 3D-Drucken. So bietet sich ein Einblick in die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Technologie im Bildungsbereich.

Wer einen 3D-Drucker einsetzt, hat am Schluss ein physisches Objekt in der Hand: einen Schlüsselanhänger oder auch ein Traumschloss. Die Möglichkeit, eine eigene Idee in ein Produkt umzusetzen, motiviert die Lernenden sehr.

## **Projektbasiert und ganzheitlich**

Eine projektbasierte Herangehensweise – wenn möglich über Stufen, Lektionen und Fächer hinweg – ermöglicht es, komplexe Probleme auf individuelle Weise zu lösen. Das gelingt besonders dann, wenn die Lehrperson die Lernumgebung sorgfältig gestaltet und den Lernprozess unterstützend begleitet, im Sinne eines konstruktivistischen Lernverständnisses.

# um zu lernen

Der Lehrplan 21 bietet für Technologien wie 3D-Drucken im Fachbereich Medien und Informatik Platz. Sie können aber auch in anderen Fächern oder fächerübergreifend genutzt werden. So eignet sich 3D-Drucken, um im Fach Mathematik geometrische Figuren und Körper abzubilden, im Technischen Gestalten, um eigene Produktideen zu entwickeln, oder im Fach Natur, Mensch, Gesellschaft, um die Bedeutung und die Folgen technischer Entwicklungen für Mensch und Umwelt einschätzen zu lernen.

## Zwischen Virtualität und Realität

Der Designprozess bei 3D-Drucken ist ein Übungsfeld für schrittweises Arbeiten, bei dem Prototypen erstellt, getestet und mehrfach verbessert werden. Dabei bewegen sich die Lernenden zwischen der Virtualität und der Realität hin und her, indem sie das Modell im CAD-Programm (Virtualität) mit dem fertig gedruckten Objekt in der Realität vergleichen und daraufhin im Programm Verbesserungen anbringen. Jüngere Schülerinnen und Schüler können an konkreten Beispielen ihre Raumvorstellung entwickeln.

## Technologieeinsatz im Unterricht

Durch die Verbreitung der Technologie werden 3D-Drucker immer bedienerfreundlicher und günstiger. Mit dem Kauf eines 3D-Druckers ist es für die Schule aber nicht getan. Die Lehrpersonen müssen befähigt werden, den Drucker im Unterricht angemessen einzusetzen. Dabei geht es nicht nur um die Bedienung des Geräts, sondern auch um die Beherrschung der entsprechenden Programme, die Aneignung von Wissen zum 3D-Gestalten und zur pädagogischen Rahmung des Tech-

nologieeinsatzes. Um das zu lernen, brauchen Lehrpersonen Zeit und allenfalls Unterstützung in Form einer Weiterbildung.

Für den Unterricht herausfordernd ist die verhältnismässig lange Zeit, die ein Drucker für die Herstellung der Objekte benötigt. Bei Klassengrössen von 20 oder mehr Kindern ist daher eine umsichtige Zeitplanung vonnöten. Ebenfalls noch nicht abschliessend gelöst sind die gesundheitlichen Fragen rund um das 3D-Drucken. Die meisten in der Schule gebräuchlichen Drucker verwenden Kunststoffe und setzen beim Drucken Mikropartikel frei. Die Schule ist hier in der Verantwortung, die gesundheitliche Sicherheit für Kinder und Lehrpersonen sicherzustellen.

## Machen ist wie wollen, nur krasser!

Um die Technologie nachhaltig in einer Schule zu verankern, bietet sich die Eröffnung eines Makerspace an, der als freier Lernraum die Infrastruktur, Werkzeuge und Medien vieler Fächer beheimatet und möglichst frei für alle zugänglich ist. Wichtig ist eine gute Mischung zwischen permanenter und flexibler Einrichtung, damit der Raum möglichst multifunktional genutzt werden kann.

**Gregor Lütolf** ist Dozent für «Medien und Informatik» an der PHBern,  
gregor.luetolf@phbern.ch  
<http://3drucken.ch/>

**Judith Mathez** ist Dozentin für Medienpädagogik bei imedias PH FHNW,  
judith.mathez@fhnw.ch  
<http://imedias.ch>

# Erfahrungen und Anwendungsbeispiele

---

## Primarstufe

### Parkettierungsgrundfiguren

---

Im Rahmen meiner Weiterbildung als Primarlehrerin und IT-Verantwortliche besuchte ich einen Kurs der PH Bern zum 3D-Drucken. Im Anschluss daran erarbeitete ich unter Einbezug des Mathematiklehrmittels eine Unterrichtssequenz zum Parkettieren. Sie war fächerübergreifend angelegt (Geometrie, Werken, IT und Realien). Die Schülerinnen und Schüler sollten geometrische Erfahrungen sammeln, eine eigene Parkettierform entwickeln und in eine 3D-Figur umwandeln sowie damit ganz persönliche Geschenke erstellen.



Im folgenden Quartal habe ich das Unterrichtsprojekt mit meinen 4. Klässlern durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler erstellten zunächst mit Schere und Klebeband ein Papiermodell ihrer Parkettierform. Dieses haben wir eingescannt, die Bilddatei mit Online-Convert in eine Vektorgrafik konvertiert und anschließend in Tinkercad bearbeitet und ein Loch eingefügt. Gespannt schauten die Schülerinnen und Schüler zu, wie ihre Schlüsselanhänger gedruckt wurden. Da wir als Zwischenarbeit

Rubber-Bändeli machten, lag es nahe, ein Bändeli und einen Schlüsselbundring anzubringen.



Als nächsten Arbeitsschritt erstellten wir aus unseren Formen Guatzliausstecher. Dazu benutzten wir den Cookie Caster. Natürlich haben wir auch noch gebacken. Der Vorteil von Parkettierformen besteht darin, dass wenig Teigreste übrigbleiben. Da wir eine enge Schulküche haben, wurde im nebenliegenden Werkraum ebenfalls fleissig gearbeitet und mit Ton eine Guatzliplatte mit dem entsprechenden Muster hergestellt.

**Uorschla Eicher** ist Primarlehrerin und IT-Verantwortliche aus Pusserein GR.

<https://uorschla.ch/dru/schulprojekte/>

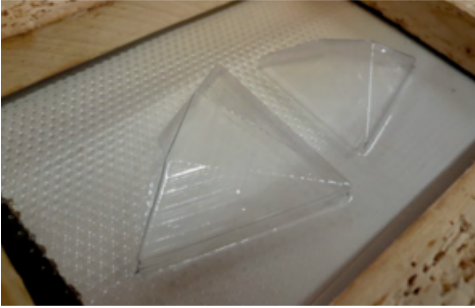
---

## Sekundarstufe I

### 3D-Modelle für gegossene Schokolade

---

Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I haben die Aufgabe, einzigartige Schokoladestücke selber zu entwickeln und herzustellen. Sie lernen dabei handwerkliche und digitale Produktionsverfahren kennen und anwenden.



Als letzten Schritt giessen die Schülerinnen und Schüler flüssige Schokolade (Kuvertüre) in die Gussformen.

Das Projekt wurde mit Schülerinnen und Schülern der Oberstufe mehrmals erfolgreich durchgeführt und kann fächerübergreifend mit Natur und Technik, Hauswirtschaft, Bildnerischem Gestalten und Werken kombiniert werden.

**Beni Sidler** ist Sekundarlehrer und Dozent für Fachdidaktik Design & Technik der PH FHNW.

---

## Sekundarstufe II

### Virtuelle Modellierung

---

Im Rahmen eines Wahlpflichtkurses modellieren 16- bis 17-jährige Gymnasiastinnen und Gymnasiasten bisher unbekannte Lebewesen. Dabei geht es nicht um Chimären, also Kompositionen von Körperteilen bekannter Lebewesen, sondern um das Entwickeln eines neuartigen Tiers, das zuvor nicht einmal in der Vorstellung existierte.

Aus einem Kubus mit anfänglich sehr wenigen Unterteilungen entwickeln die Schülerinnen und Schüler ein Wesen, das lebendig erscheinen soll. Untersucht wird dabei der Ausdrucksgehalt unterschiedlicher Formen, plastischer Eigenschaften und Grössenverhältnisse, aber auch das Medium und Verfahren der virtuellen Modellierung. Wir arbeiten zwar mit einem komplexen und funktionsreichen Programm (Blender 3D), beschränken uns aber auf grundlegende und exemplarische Funktionen mit dem Ziel, die gestalterische Arbeit in den Vordergrund zu stellen.

Die Form, die gegossen werden soll, entwerfen die Schülerinnen und Schüler zuerst analog mit Bleistift und Papier. Anschliessend konstruieren sie am Computer mithilfe eines CAD-Programms die 3D-Modelle. Mit dem 3D-Drucker entstehen dann eigene, individuelle Modelle der Pralinenformen.

Von der gedruckten Form erstellen sie nun ein Negativ aus Polystyrol-Folie, damit die Form anschliessend mit dem gewünschten Material gegossen werden kann. Für Schokolade eignen sich Kunststoff-Behälter, weshalb hier die Tiefziehtechnik zum Einsatz kommt.



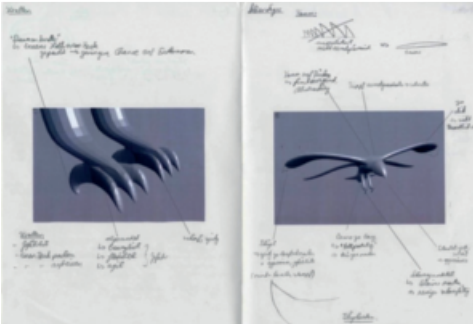
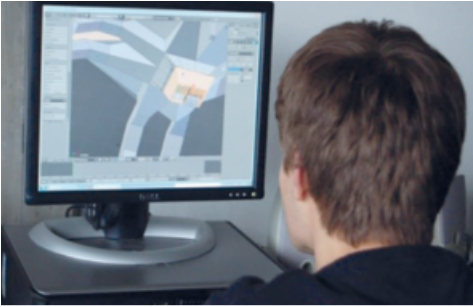
---

## Fachhochschule

### Analog und Digital im Dialog

---

Analoges und digitales Arbeiten lassen sich bei der Gestaltung von Objekten mit dem 3D-Drucker verschränken. Im Projekt «Analog und Digital im Dialog» untersuchte ein interdisziplinäres Team aus unterschiedlichen Hochschulen der FHNW im Rahmen der Strategischen Initiative EduNaT die sich daraus ergebenden Möglichkeiten. In der Aufgabe Lastschiffe zum Beispiel untersuchen Schülerinnen und Schüler an 3D-gedruckten Prototypen den Zusammenhang zwischen der Form von Schiffen und deren Belastbarkeit.



Indem der Prozess betont wird und in regelmässigen Abständen der Arbeitsfortschritt und die Zwischenergebnisse besprochen werden, entstehen eigenständige Arbeiten, die sich von der bekannten Masse stereotyper so genannter Fantasiewesen abheben. Wann wirkt eine Form lebendig? Wie wirkt das Modellierte und wodurch? Wie kann ich erwünschte Eigenschaften verstärken und andere abschwächen? Bisher haben wir diese Modelle in einem weiteren Schritt animiert oder in einer Umgebung inszeniert – auch 3D-Drucken wäre denkbar.

**Adriana Mikolaksova** unterrichtet Bildnerisches Gestalten am Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Gymnasium Rämibühl in Zürich



Schülerinnen und Schüler beim Testen ihrer Lastschiffe.

2018 erscheint die Publikation «formen. 3D-Druck lernen und lehren» (Mitarbeit Falk Scheidig und Mike Häfliger) mit einer Reihe von weiteren Aufgaben, die zeigen, was auf unterschiedlichem Niveau mit 3D-Drucken in der Schule möglich ist. Ausgehend von den Fächern Bildnerisches und Technisches Gestalten und unterstützt durch didaktische Hinweise wird so praxisnah aufgezeigt, wie 3D-Drucken in Bezug auf die Lebenswelt der Jugendlichen, aber auch in Verbindung mit anderen Schulfächern eingesetzt werden kann.

**Stefanie Mauroux** ist Lehrerin für Bildnerisches und Technisches Gestalten und Projektmitarbeiterin der HGK und der PH FHNW.

**Markus Schwander** ist Dozent am Institut Lehrberufe für Gestaltung und Kunst der HGK FHNW und Leiter des Forschungsprojektes Analog und Digital im Dialog – Mit künstlerischen Strategien den Zugang zur Technik fördern.

[www.fhnw.ch/de/die-fhnw/strategische-initiativen/edunat](http://www.fhnw.ch/de/die-fhnw/strategische-initiativen/edunat)

[www.fhnw.ch/de/die-fhnw/hochschulen/hgk/institute/institut-lehrberufe-fuer-gestaltung-und-kunst](http://www.fhnw.ch/de/die-fhnw/hochschulen/hgk/institute/institut-lehrberufe-fuer-gestaltung-und-kunst)

---

## Fachhochschule Lebensmittel 3D

---

Für das 3D-Drucken von Lebensmitteln kommt vor allem das Verfahren «Schmelzschichten» in Frage, bei dem das Endprodukt schichtweise aus einem schmelzfähigen Ausgangsmaterial aufgebaut wird. Im Gegensatz zum klassischen Schmelzschichten steckt das Verfahren für Lebensmittel noch in den Kinderschuhen. Dies liegt vor allem an der Komplexität der Materialien und deren Verwendungszweck: Die Materialien müssen nicht nur gegessen werden können, sondern sie müssen auch betreffend Aromawahrnehmung und Textur passen. Deshalb können die zu druckenden Massen und damit die Druckeigenschaften sehr unterschiedlich sein. Abgesehen von optischen Spielereien müssen Drucker sinnvollerweise mehrere Massen ausdrucken können. Für Studierende der Lebensmittelwissenschaften stellt das 3D-Drucken ein Vehikel dar, um sich intensiv mit Flieseigenschaften von Massen und deren Veränderungen auseinanderzusetzen, aber auch systematisch Wissen aufzubauen über das sensorische Zusammenspiel von Massen im Produkt. Sie erkennen neue Chancen, wie sie über die gezielte Strukturierung sensorische und funktionelle Eigenschaften des Produkts einstellen können.

**Christoph Denkel** ist Leiter Lebensmittelverarbeitung und Dozent Lebensmitteltechnologie an der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL der Berner Fachhochschule.

<https://www.hafl.bfh.ch/forschungsdienstleistungen/lebensmittelwissenschaften/lebensmittelverarbeitung.html>

# Blick über die Grenze

**Welche Erfahrungen haben Projekte in Deutschland und in den Niederlanden gemacht? Wir haben darüber mit Andreas Kopp von Erfindergarden, Romy Joya Kuldip Singh von Friysklab und Dean Ćirić von fabmaker gesprochen.**

## **Welches sind deine Erfahrungen mit 3D-Drucken?**

**Andreas Kopp:** Ich habe mit 3D-Drucken im lokalen FabLab angefangen und dann dort auch die Einstiegsworkshops gegeben. Seitdem ich mit dem Erfindergarden ein eigenes Lab habe, ist der 3D-Drucker fester Bestandteil und wird sehr gerne am Anfang genutzt, wenn die Jugendlichen neu sind. Einige Jugendliche kennen inzwischen die 3D-Software SketchUp gut und drucken auch eigene Designs aus.

**Romy Joya Kuldip Singh:** Seit sechs Jahren arbeite ich mit 3D-Drucken und Bildung in verschiedenen Kontexten. Nach meinem Empfinden ist es wichtig, die frühen Tage der Technologie zu nutzen und dabei nicht nur massenhaft Schlüsselanhänger zu produzieren, sondern um wirklich neue Ideen zu kreieren.

**Dean Ćirić:** Die grosse Herausforderung stellt tatsächlich die Realisierung der eigenen Ideen nach eigenen Vorstellungen und die Fähigkeit zum Konstruieren unter den gegebenen Möglichkeiten dar. Zwar setzen eigene Fähigkeiten, Software und 3D-Drucker Grenzen; interessant ist, innerhalb dieses Rahmens die Möglichkeiten zu erkennen.

## **Gibt es ein Erlebnis, das dir besonders in Erinnerung geblieben ist?**

**Dean Ćirić:** In einem zweitägigen Workshop mit Schülerinnen der Mittelstufe konnten diese ihre eigenen kreativen Schmuck-Vorstellungen realisieren, von der Idee bis zum fertigen Produkt. Die individuellen Entwürfe wurden ausgedruckt und konnten von den Schülerinnen mitgenommen werden. Die Evaluierung zeigte, dass sich die Wahrneh-



**Romy Joya Kuldip Singh** ist Dozentin für kreatives Denken, Rapid Prototyping und neue Technologien beim FryskLab, Leeuwarden NL, und an der Academie Minerva, Groningen NL. In ihrer Tätigkeit als Künstlerin baut Romy kinetische Skulpturen, welche Attribute des Lebens fangen und in Ewigkeit festhalten.

<http://www.frysklab.nl/>

<http://www.romy-joya.com>



mung von Technik grossteils gewandelt hatte und das Interesse für technische Berufe gewachsen war.

**Andreas Kopp:** Ich habe für einen Jugendlichen, den ich betreue und der Geige spielt, eine 3D-gedruckte Geige ausgeliehen und er war dann so motiviert, dass er auch eine Geige druckte, alle Einzelteile besorgte und sie stolz auf der Make Munich und der Maker Faire Zurich ausstellte.

**Romy Joya Kuldip Singh:** Ich sehe die Maschine inzwischen als Ausgangspunkt für unzählige Möglichkeiten, statt sie als Endpunkt oder Produzent meiner Idee zu sehen. Mit diesem Perspektivenwechsel war sofort ein völlig neues Ergebnis der Workshops festzustellen. Studierende verwendeten die Maschi-

ne, um kleine Teile zu drucken, mit denen sie gemeinsam komplexe Probleme lösten und kreative Objekte entwarfen. Diese Erkenntnis hat mich immens vorangebracht.

### **Wo liegt nach deiner Erfahrung das besondere Potenzial dieser Technologie?**

**Romy Joya Kuldip Singh:** Ich denke, dass das Potenzial dieser Technologie eben hier zu suchen ist: In der Suche nach Möglichkeiten, welche über das bisher Realisierbare hinausgehen, im Anstoss zu kreativem Denken.

**Dean Ćirić:** Das besondere Potenzial der digitalen Bildung mit 3D-Druckern liegt in der praxisbezogenen Vermittlung von Schlüssel-



**Andreas Kopp** ist Gründer des Erfindergardens in München, einem FabLab, Hackerspace und High-Tech-Spielplatz für Kinder und Jugendliche.

<https://erfindergarden.de/>



**Dean Ćirić** ist Gründer und Geschäftsführer von fabmaker, einem TU-Braunschweig-Spin-off, das sich auf digitale Bildung mit 3D-Druckern spezialisiert hat.

<http://www.fabmaker.com/>

kompetenzen für eine digitalisierte Arbeitswelt 4.0. Studien haben gezeigt, dass neben technischen und kreativen Kompetenzen wichtige Fähigkeiten wie die Problemlöse- und Selbstkompetenz sowie schöpferische Fähigkeiten und das Planungsverhalten gefördert werden.

### **Welches sind die Hürden beim Einsatz mit Kindern und Jugendlichen?**

**Andreas Kopp:** Es ist zwar einfach, mal einen schnellen 3D-Druck-Einsteigerworkshop zu machen und ein paar Plätzchenausstecher oder Pokémon zu drucken. Bei komplexeren Aufgaben fehlt allerdings vielen Jugendlichen die Ausdauer.

**Romy Joya Kuldip Singh:** Das ist auch meine Erfahrung. In Workshops ist oft nicht viel mehr möglich als ein «Schnuppern». Ich hoffe, dass wir in Zukunft die Möglichkeit haben, den Kindern und Jugendlichen mehr Zeit und Raum zu bieten, um sich vertieft mit der Materie auseinanderzusetzen. Ich denke, dass es darum geht, Denkweisen zu schaffen, welche die Beschränkungen der Maschine in eine Kraft verwandeln.

**Dean Ćirić:** Momentan stellt die Fehleranfälligkeit bei Umsetzungsprozessen noch eine Herausforderung dar, für die Kinder und Jugendliche sensibilisiert werden müssen. Andernfalls schlagen unvermeidbare Fehldrucke in eine Demotivation um.

**Andreas Kopp:** Auch müssen die 3D-Drucker laufend gewartet und repariert werden. Gerade versuche ich den Jugendlichen beizubringen, dass sie die Drucker in Schuss halten müssen, wenn sie drucken wollen.

### **Wo siehst du das Lernen mit 3D-Drucken in fünf Jahren?**

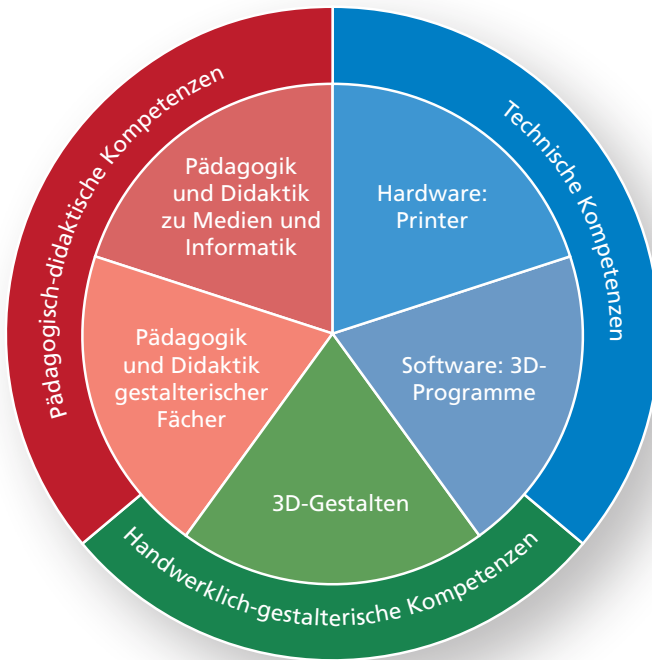
**Romy Joya Kuldip Singh:** Ich hoffe, dass 3D-Drucken sich in der Bildung etabliert und gemeinsam mit dem Making einen grossen Teil unserer Ausbildung darstellt. Ich denke, dass der Bedarf nach kreativem, fachübergreifendem Denken zunehmen wird und dass das Maker-Movement hier eine sehr wichtige Rolle spielt.

**Dean Ćirić:** Digitale Bildung wird in Zukunft immer weiter an Relevanz zunehmen und arbeitsfaktischaffende Tätigkeiten wie 3D-Drucken werden an Bedeutung gewinnen. Dadurch werden sich viele Berufsfelder und damit die Ausbildung, besonders im gewerblich-technischen Bereich, anpassen.

**Vielen Dank für das Gespräch!**

# Gesamtanalyse des Workshops

Aus dem Workshop und aus den Erfahrungen lässt sich eine Gesamtanalyse auf den Bereich «3D-Drucken im Bildungsbereich» ableiten. Sie zeigt, dass eine Reihe von Faktoren und Rahmenbedingungen erfüllt sein müssen, damit 3D-Drucken und Making über den «Wow-Effekt» hinaus ihr Potenzial in Bildungszusammenhängen entfalten können. Es reicht nicht, die Geräte zur Verfügung zu stellen. Die Lehrpersonen oder Kursleitenden müssen zugleich über eine Vielzahl von Kompetenzen verfügen. Diese kann eine Person in sich vereinen, es ist aber auch möglich, dass sich an einer Schule oder an einem ausserschulischen Lernort ein kleines Team zusammensetzt, um alle nötigen Kompetenzen abzudecken.



**Judith Mathez** ist Dozentin für  
Medienpädagogik bei imedias PH FHNW,  
judith.mathez@fhnw.ch  
<http://imedias.ch>

**satw** it's all about  
technology

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW  
St. Annagasse 18 | 8001 Zürich | 044 226 50 11 | [info@satw.ch](mailto:info@satw.ch) | [www.satw.ch](http://www.satw.ch)