

Produktentstehungsprozess im Maschinenbau mit Open-Source-Software

Ein praktischer Leitfaden für KMUs und Start-Ups

Seminar

Produktentstehungsprozess im Maschinenbau mit Open-Source-Software

Ein praktischer Leitfaden für KMUs und Start-Ups

Aleksander Sadowski

Einführung

Dieses Dokument gibt eine Übersicht zum Inhalt aus dem Seminar “Produktentstehungsprozess im Maschinenbau mit Open-Source-Software - Ein praktischer Leitfaden für KMUs und Start-Ups”

Der etablierte Deutsche Maschinenbau sieht sich zunehmend mit immer größeren Herausforderungen konfrontiert. Die Kosten steigen, die Abhängigkeit von anderen Unternehmen, insbesondere aus dem Ausland steigt und qualifizierte Fachkräfte sind immer schwieriger zu bekommen.

Um dem entgegenzuwirken, zeigen wir, wie der Produktentstehungsprozess im Deutschen Maschinenbau mit seinen wichtigsten Schritten mittels Open-Source-Software umgesetzt werden kann. Durch Open-Source-Software wird die Einstiegshürde wie nie zuvor für Maschinenbau-Startups gesenkt und so Innovationen gefördert. Etablierte KMUs können durch die Unabhängigkeit langfristig planen und eigene Entwicklungswerkzeuge, basierend auf Open-Source-Software aufbauen. Darüber hinaus werden durch den Einsatz von Open-Source-Software hochqualifizierte Fachkräfte angezogen, weil sich diese oft in der Freizeit damit befassen.

In diesem Seminar wird der Produktentstehungsprozess anhand von konkreten Projektbeispielen dargestellt. Dabei wird der Prozess in Anlehnung an VDI-Richtlinie 2222 vorgestellt, die eingesetzte Open-Source-Software gezeigt, deren Anwendung im Entstehungsprozess erläutert und die erzielten Ergebnisse aus jedem Schritt demonstriert. Dabei kommt unter anderem die Software FreeCAD, PrePoMax und LibreOffice zum Einsatz.

In dem gezeigten Produktentstehungsprozess kommt folgende Open-Source-Software zum Einsatz. Die Software ist sofort verfügbar und auf Windows 10 (64-bit) lauffähig:

- FreeCAD
- PrePoMax
- LibreOffice (Writer, Calc, Impress)
- Mozilla Firefox
- TortoiseSVN
- VisualSVN Server

Übersicht vom Produktentstehungsprozess im deutschen Maschinenbau

In Anlehnung an die Richtlinie VDI 2222 wird ein Produktentstehungsprozess beschrieben. Obwohl der genaue Produktentstehungsprozess von Unternehmen zu Unternehmen variiert, bleibt dieser im Kern sehr ähnlich.

In diesem Seminar, wird ein Produktentstehungsprozess aus folgenden Schritten vorgestellt:

1. Definieren der Anforderungsliste
2. Technologierecherche in Patentdatenbanken
3. Produktkonzept der Maschine
4. Produktsicherheit der Maschine
5. Vorentwurf der gesamten Maschine und seiner Komponenten
6. Detailentwurf der Maschine
7. Simulation der Komponenten
8. Produktdatenmanagement
9. Versionierung, Infrastruktur und Arbeit im Team
10. Fertigung

In der Abbildung 1 werden die wichtigsten Dateien, die im Laufe des vorgestellten Produktentstehungsprozesses entstehen, dargestellt und gezeigt, mit welcher Open-Source-Software diese erstellt wurden.

Im ersten Schritt wird anschließend die Erstellung der Anforderungsliste an die Maschine gezeigt.

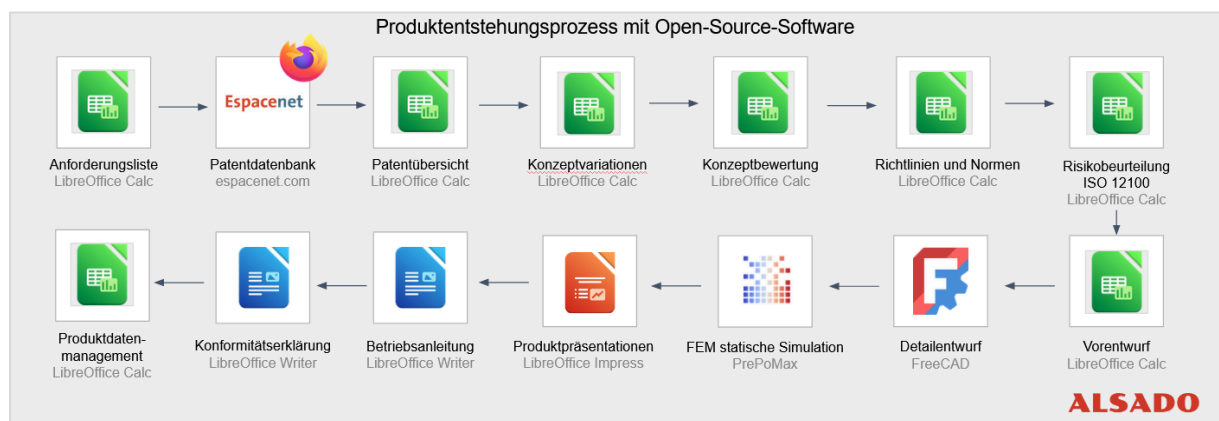


Abbildung 1: Anforderungsliste eines Maschinenschraubstockes in LibreOffice Calc

Definieren der Anforderungsliste

Am Anfang der Entwicklung einer Maschine stehen die Anforderungen, welche als Ergebnis von Marktrecherchen in Form einer Anforderungsliste definiert werden. Die Marktrecherche hat das Ziel herauszufinden, welches Problem die Kunden lösen möchten und somit welche Anforderungen sich für den Kunden an eine konkrete Maschine ergeben.

Die Anforderungsliste setzt sich mindestens aus folgenden Spalten zusammen:

- „Nr.“
- „Beschreibung“
- „Typ“ (Festforderung, Mindestforderung, Wunschforderung)
- „Wert“

Die Anforderungsliste kann sehr einfach in einer LibreOffice Calc Kalkulationstabelle erstellt werden und bei Bedarf erweitert werden, wie in Abbildung 2 gezeigt. Im nächsten Schritt wird die Anforderungsliste in der Patentrecherche weiterverwendet.

Requirements list		Project id: 937124701 Project name: Machine vise	ALSADO
No.	Requirement	Type (f/d/m)	Person in Charge
1	The vise must provide a clamping force of at least 10 kN.	f	Design Engineer
2	The vise body must be made of high-strength cast iron (≥ 260 HRC).	f	Materials Engineer
3	The jaw width must be at least 100 mm.	m	Design Engineer
4	The vise must have a quick-release mechanism for rapid repositioning.	d	Design Engineer
5	The vise base must allow for 360-degree rotation.	d	Design Engineer
6	The jaws must be replaceable and made of hardened steel.	f	Manufacturing Engineer
7	The vise must have a parallelism tolerance of ±0.02 mm.	f	Quality Engineer
8	The vise must be compatible with CNC milling machines.	f	Application Engineer
9	The maximum jaw opening must be at least 150 mm.	m	Design Engineer
10	The vise must have T-slot mounting options.	d	Design Engineer
11	The vise handle must be ergonomic and provide sufficient torque for easy tightening.	d	Ergonomics Specialist
12	The vise must resist corrosion and have a protective coating.	f	Materials Engineer
13	The vise must support a maximum workpiece weight of at least 50 kg.	m	Structural Engineer
14	The vise clamping surfaces must be ground to a flatness of 0.01 mm.	f	Quality Engineer
15	The vise should include a chip guard to prevent debris accumulation.	d	Design Engineer
16	The lead screw must be precision-machined with minimal backlash.	f	Manufacturing Engineer
17	The vise must be able to operate in temperatures ranging from -10°C to 50°C.	m	Materials Engineer
18	The vise must be modular, allowing for extensions or accessories.	d	Product Manager
19	The vise must comply with ISO 9001 quality standards.	f	Quality Manager

Abbildung 2: Anforderungsliste eines Maschinenschraubstockes in LibreOffice Calc

Verwendete Software:

- Libre Office Calc

Technologierecherche in Patentdatenbanken

Mit den Anforderungen aus der Marktrecherche wird nun eine für das bestehende Problem geeignete Lösung gefunden. Aus strategischen Gründen ist es für Start-Ups ratsam, sich erstmal auf Technologien zu beschränken, welche gemeinfrei sind, d.h. welche nicht (mehr) zum geschützten Stand der Technik zählen. Dadurch sind Startups sicherer gegen Schutzrechtsverletzungen.

Die Schutzdauer für Patente beträgt normalerweise maximal 20 Jahre, für Gebrauchsmuster normalerweise maximal 10 Jahre. Geschmacksmuster (Designs) sind maximal bis zu 25 Jahre geschützt. Obwohl Geschmacksmuster keine Technologien schützen, ist es trotzdem wichtig diese im Hinterkopf zu behalten.

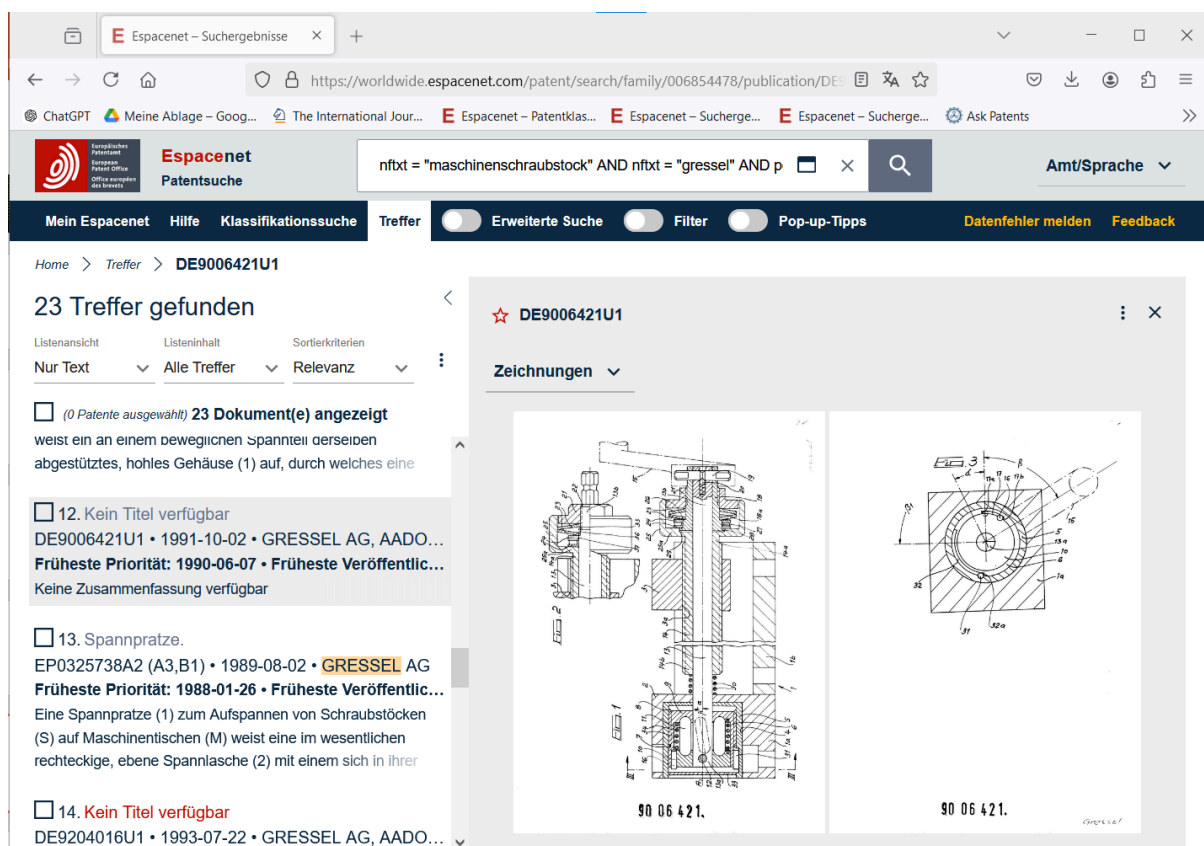


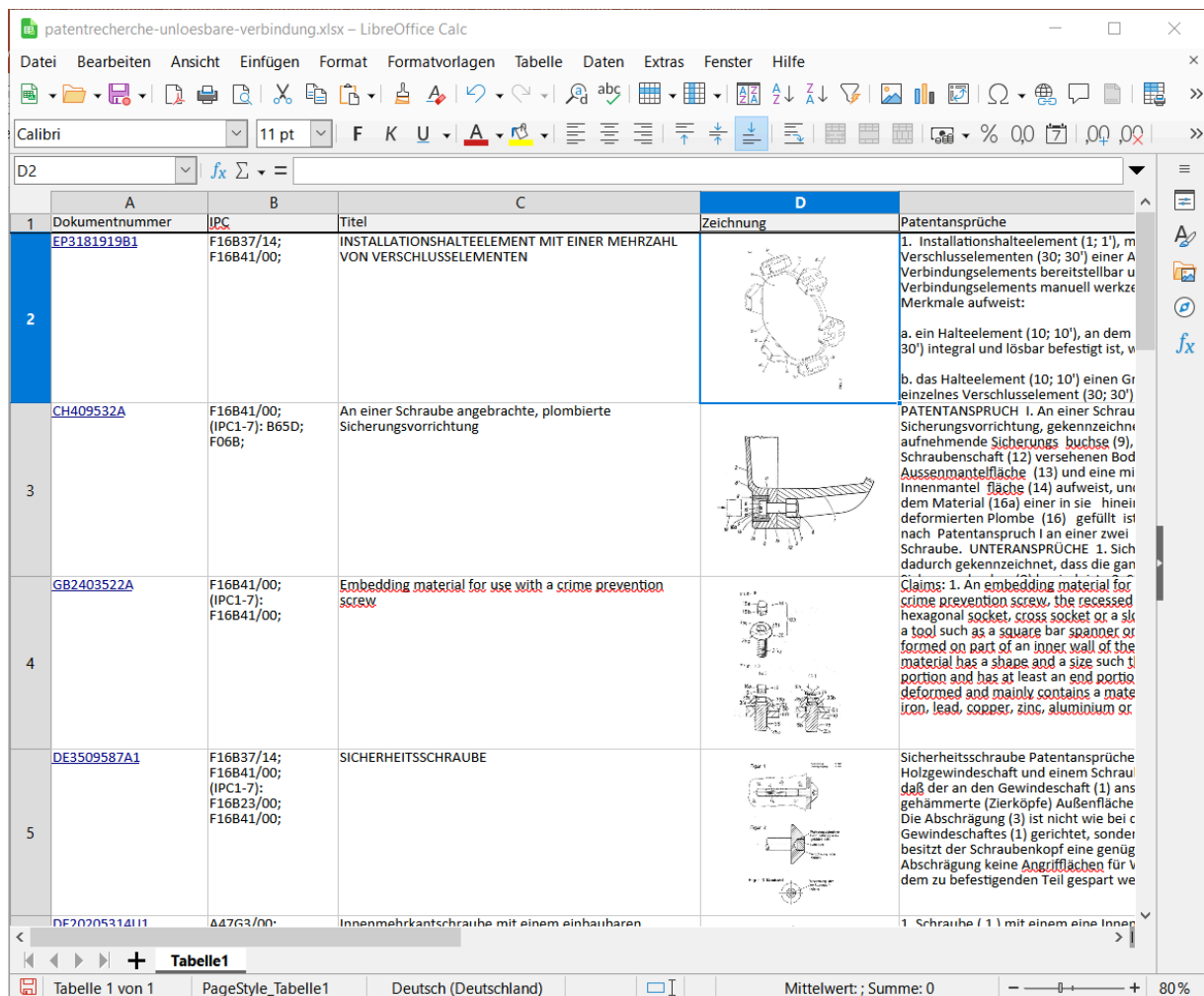
Abbildung 3: Gefilterte Ergebnisse von Patentdokumenten aus der Patentdatenbank auf Espacenet mit 23 Treffern

Gemeinfreie Technologien können u.a. in Patentdatenbanken, wissenschaftlichen Publikationen und alten Produktkatalogen gefunden werden. Dabei werden die Ergebnisse so gefiltert, dass nur Technologien, welche über 20 Jahre alt sind, angezeigt werden. Nachfolgend werden bewährte Quellen zur Beschaffung dieser Informationen aufgelistet:

- www.worldwide.espacenet.com (Für alle Recherchen)
- www.lens.org (Erlaubt es, schnell die relevanten Erfindungen innerhalb einer Nische anhand der Anzahl der Zitationen zu erkennen)
- www.link.springer.com (z.B. "The International Journal of Advanced Manufacturing Technology" für den Maschinenbau)
- www.ebay.de (alte Produktkataloge)

- www.tmdn.org/tmdsview-web/#/dsview

Die Ergebnisse aus der Technologierecherche werden in einer Libre Office Calc Kalkulationstabelle zusammengetragen. Zur schnellen Übersicht sollte mindestens der Titel der Erfindung, eine Kurzbeschreibung, vorläufige Einschätzung der Eignung zur Erfüllung der Anforderungen, das Veröffentlichungsdatum, eine repräsentative Grafik und ein Link zur Quelle enthalten sein.




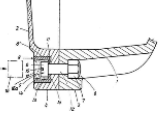
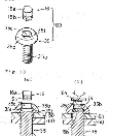
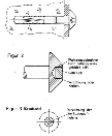

	A	B	C	D	
	Dokumentnummer	IPC	Titel	Zeichnung	Patentansprüche
1	EP3181919B1	F16B37/14; F16B41/00;	INSTALLATIONSHALTELEMENT MIT EINER MEHRZAHL VON VERSCHLUSSELEMENTEN		1. Installationshaltelement (1; 1'), m Verschlusselementen (30; 30') einer A Verbindungselements bereitstellbar u Verbindungselements manuell werke Merkmale aufweist: a. ein Halteelement (10; 10'), an dem 30') integral und lösbar befestigt ist, v b. das Halteelement (10; 10') einen Gr einzelnes Verschlusselement (30; 30')
2	CH409532A	F16B41/00; (IPC1-7): B65D; F06B;	An einer Schraube angebrachte, plombierte Sicherungsvorrichtung		PATENTANSPRUCH 1. An einer Schrau Sicherungsvorrichtung, gekennzeichnet aufnehmende Sicherungs buchse (9), Schraubenschaft (12) versehenen Bod Aussenmantelfläche (13) und eine mi Innenmantel fläche (14) aufweist, un dem Material (16a) einer in sie hinei deformierten Plombe (16) gefüllt ist nach Patentanspruch 1 an einer zwei Schraube. UNTERANSPRÜCHE 1. Sich dadurch gekennzeichnet, dass die gan
3	GB2403522A	F16B41/00; (IPC1-7): F16B41/00;	Embedding material for use with a crime prevention screw		Claims: 1. An embedding material for crime prevention screw, the recessed hexagonal socket, cross socket or a slk a tool such as a square bar spanner or formed on part of an inner wall of the material has a shape and a size such ti portion and has at least an end portio deformed and mainly contains a mate iron, lead, copper, zinc, aluminium or
4	DE3509587A1	F16B37/14; F16B41/00; (IPC1-7): F16B23/00; F16B41/00;	SICHERHEITSSCHRAUBE		Sicherheitsschraube Patentansprüche Holzgewindeschäft und einem Schrau daß der an den Gewindeschäft (1) ans gehämmerte (Zierköpfe) Außenfläche Die Abschrägung (3) ist nicht wie bei c Gewindeschäftes (1) gerichtet, sonder besitzt der Schraubenkopf eine genüß Abschrägung keine Angriffsflächen für v dem zu befestigenden Teil gespart we
5	DE20205314U1	A47G3/00;	Innenmehrkantschraube mit einem einbaubaren		1 Schraube (1) mit einem eine Innen

Abbildung 4: Zusammenstellung der relevantesten Erfindungen in LibreOffice Calc zu einer Sicherheitsschraube aus der Patentdatenbank

Nachdem eine oder mehrere Technologien für das neue Produkt ausgewählt wurden, sollten diese von einem qualifizierten Patentanwalt mit einer „freedom-to-operate“ Patentrecherche untersucht werden.

Wenn von einem vorhandenen Produkt ausgegangen wird, kann dieses auch zum besseren Verständnis der Funktion analysiert werden. Dazu wird eine Blackbox mit einer Hauptfunktion und den Energie-, Stoff- und Signalumsätzen als Inputs und Outputs erstellt. Anschließend wird die Hauptfunktion aus der Blackbox in einer Funktionsstruktur näher spezifiziert.

The screenshot shows a LibreOffice Calc spreadsheet titled 'morphologischer-kasten-patente.ods'. The spreadsheet is a morphological matrix used for patent research. It has 11 columns (A-L) and 11 rows (1-10). The first column (A) lists product sub-functions (Teilfunktionen). The second column (B) lists solutions from patent documents (Lösungen aus Patentdokumenten). The remaining columns (C-L) contain specific solution details, including technical drawings and descriptions.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			Lösungen aus Patentdokumenten									
2		Teilfunktionen	INSTALLATIONSTEILEMENT MIT EINER MEHRZAHN VON VERSCHLUSSSELEMENTEN	An einer Schraube angebrachte, plombierte Sicherungsvorrichtung	Embedding material for use with a crane prevention screw	SICHERHEITSSCHRAUBE	Unbefugte Schraube mit einem einbaubaren Abdeckelement	Vorrichtung mit einem Verbindungselement	Japanischer Text	Einwegschraube	Spezialschrauben	Sicherheitsschraube
3												
4			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1	Einbringen des Verbindungselementes in die Verbindungsstelle	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
6	2	Einbringen des Werkzeuges in den Werkzeugeingriff des Verbindungselementes	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
7	3	Übertragen des Drehmomentes über das Werkzeug in das Verbindungselement	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
8	4	Lösen des Werkzeuges von dem Verbindungselement	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
9	5	Lösen des Verbindungselementes mit verfügbaren Werkzeugen verhindern	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
10	6	Unbefugtes oder unbeabsichtigtes Lösen des Verbindungselementes sichtbar machen	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10

Abbildung 5: Morphologischer Kasten der Lösungen des der Patentrecherche und der Produkt-Teilfunktionen in LibreOffice Calc

Verwendete Software:

- Libre Office Calc

Produktkonzept der Maschine

Aus den im vorherigen Schritt ausgewählten Technologien wird ein Gesamtkonzept für das Produkt erstellt. Dieses kann als einfache Handskizze auf Papier erstellt werden. Alternativ kann das Gesamtkonzept mit einfachen Formen in Libre Office Impress zusammengestellt werden. Die genauen Abmessungen sind zu diesem Zeitpunkt noch irrelevant. Trotzdem sollten alle Umgebungseinflüsse erkennbar sein z.B. Kräfte oder Umgebungstemperaturen. Auch für die Umgebungseinflüsse müssen noch keine konkreten Werte festgelegt werden, wenn diese noch nicht bekannt sind.

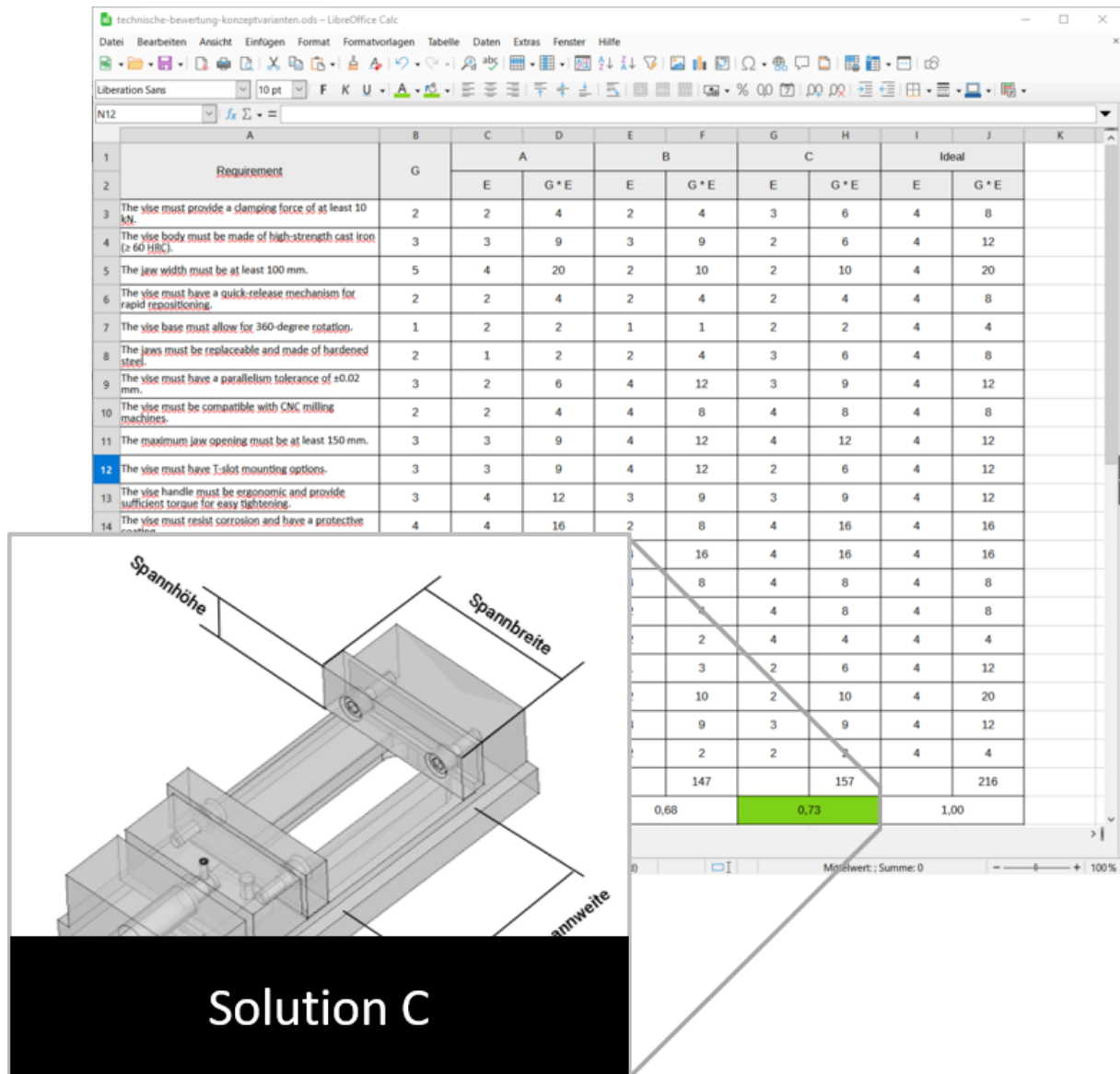


Abbildung 6: Ermittlung der Produktlösung mit dem höchsten technischen Wert in LibreOffice Calc

Verwendete Software:

- Libre Office Impress

Produktsicherheit der Maschine

Mit dem fertigen Produktkonzept wird das Produkt im Hinblick auf die Produktsicherheit eingeordnet. Für in Deutschland in Verkehr gebrachte Produkte gilt das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG). Dieses besagt, dass dazu sind alle für das Produkt geltenden Richtlinien, Normen und sonstige Anforderungen an die Produktsicherheit zu bestimmen.

Um ein sicheres Produkt auf den Markt zu bringen, muss u.a. eine Risikobeurteilung erstellt werden. Für die Risikobeurteilung ist es ratsam, dass sich Personen aus unterschiedlichen Bereichen im Unternehmen beteiligen (z.B. Maschinenbauingenieure, Elektroingenieure, Vertrieb, technischer Support).

Dabei bieten Laien besonders bei der Risikobeurteilung einen großen Mehrwert, weil diese sich gut in die Rolle eines Anwenders hineinversetzen können. Das Ziel einer Risikobeurteilung ist es, alle von dem Produkt potentiell ausgehenden Gefahren zu erkennen und geeignete Maßnahmen zu formulieren, sodass die von einem Produkt ausgehende Gefahr auf ein tolerierbares Mindestmaß gesenkt wird. Die Risikobeurteilung ist während des gesamten Produktlebenszyklus mitzuführen um neu erkannte Gefahren miteinzubeziehen. Eine Risikobeurteilung kann ganz einfach als Libre Office Calc Kalkulationstabelle erstellt werden.

Um schnell Informationen im Meer der Dokumente zur Produktsicherheit zu finden, eignen sich LLM, welche Quellenangaben machen. Diese LLMs werden an dieser Stelle nicht zur Generierung von konkreten Antworten verwendet, sondern werden als Suchmaschine genutzt. Dadurch müssen nicht mühsam hunderte von Seiten aus verschiedenen Dokumenten gelesen werden, sondern Mitarbeiter bekommen die nötigen Informationen innerhalb weniger Sekunden. Eine primitivere Methode zum schnellen Suchen der relevanten Dokumente ist die Suchfunktion in PDFs, wo nach Schlüsselbegriffen gesucht werden kann. Bei dieser Methode müssen allerdings alle Dokumente separat durchsucht werden.

Außerdem wird zu jeder Maschine eine Betriebsanleitung erstellt. Die Betriebsanleitung wird in Libre Office Writer erstellt.

Zum Ende der Entwicklung einer Maschine wird von dem Unternehmer oder einer von ihm beauftragten Person eine Konformitätserklärung unterschrieben. Die beauftragte Person übernimmt dabei Teile der Verantwortung des Unternehmers. Mit einer unterschriebenen Konformitätserklärung versichert der Unternehmer, dass die von ihm gebaute Maschine den Mindestanforderungen der Sicherheit, gemessen am Stand der Technik, entspricht. Der Stand der Technik im Hinblick auf die Sicherheit wird in Normen festgelegt. Eine Konformitätserklärung wird in Libre Office Writer erstellt.

Verwendete Software:

- Libre Office Calc
- Libre Office Writer

Vorentwurf der gesamten Maschine und seiner Komponenten

Ziel des Vorentwurfes ist es, möglichst viele Werte des Produktes zu bestimmen. Dazu zählen besonders auch die Erkenntnisse aus den Dokumenten der Produktsicherheit, wo z.B.

Mindestanforderungen an Sicherheitsfaktoren gemacht werden können. Diese Sicherheitsfaktoren können dann mit einer üblichen Festigkeitsberechnung bestimmt werden. Außerdem werden in diesem Schritt die meisten Abmessungen des Produktes und somit auch aller seiner Einzelteile bestimmt, sodass keine Kollisionen auftreten.

Die Kalkulationen aus dem Vorentwurf können auch direkt dazu verwendet werden um Geometrien im 3D CAD zu erzeugen. Dazu muss aber in den meisten Fällen ein eigenes Python-Skript in FreeCAD geschrieben werden. Ein Vorentwurf kann in einer Libre Office Calc Kalkulationstabelle erstellt werden.

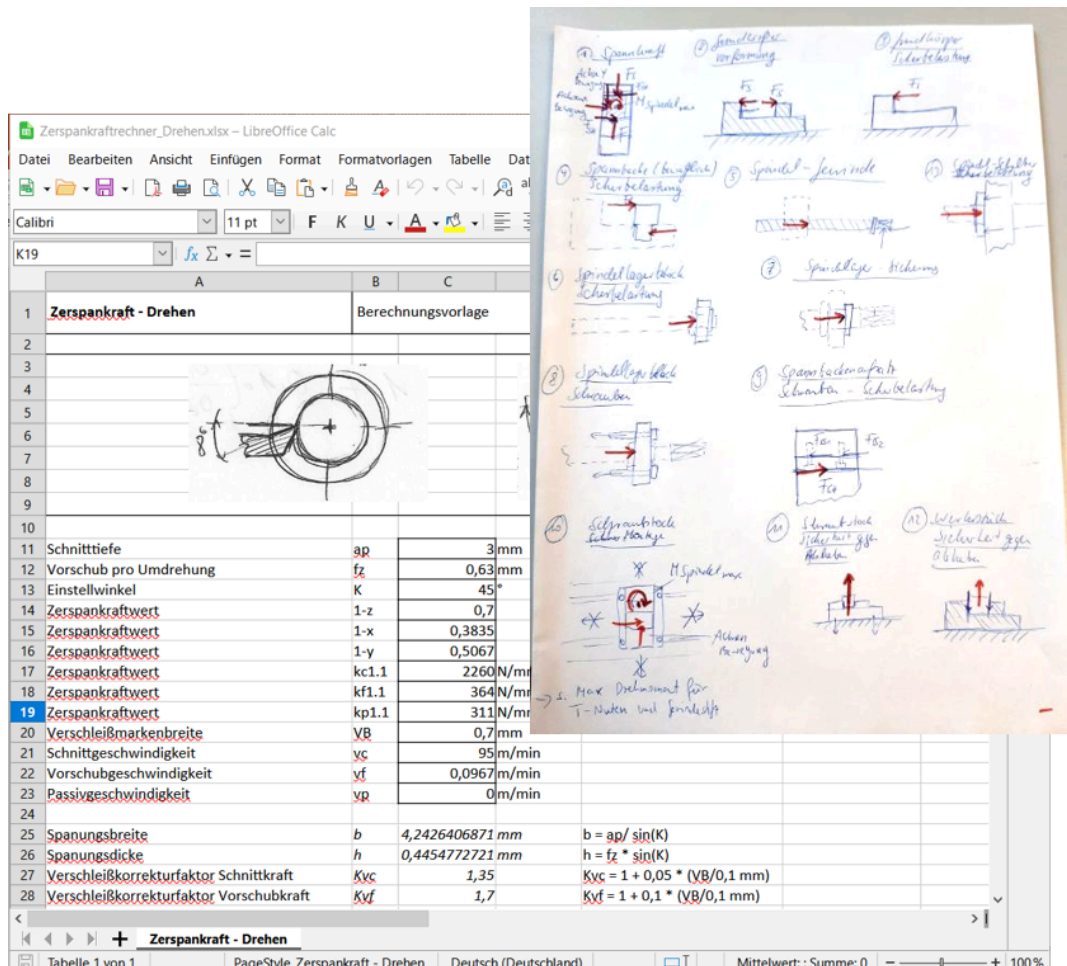


Abbildung 7: Ermittlung von vorläufigen Produkteigenschaften über den Vorentwurf mit LibreOffice Calc

Verwendete Software:

- Libre Office Calc

Detailentwurf der Maschine in CAD-Software

Der Detailentwurf hat das Ziel, alle für die Herstellung der Einzelteile und Baugruppen notwendigen Unterlagen zu erstellen. Mit den Parametern aus dem Vorentwurf werden erst 3D CAD Modelle erstellt. Möglichst viele Anforderungen aus der Produktsicherheit werden z.B. mittels Finite-Element-Methode simuliert. Von den 3D CAD Modellen werden technische Zeichnungen abgeleitet.

3D CAD Entwurf

Die 3D CAD Modelle der einzelnen Bauteile werden in Freecad in dem Part Design Arbeitsbereich entworfen. Der Part Design Arbeitsbereich folgt dem skizzen- und featurebasierenden solid Modellierungsprozess, der auch in vielen anderen 3D CAD Programmen verwendet wird. Jedes einzelne Bauteil wird in einer separaten FCStd-Datei gespeichert, damit es später in einem PLM-System verwaltet werden kann. Es ist zwar auch möglich, alle Einzelteile in einer FCStd-Datei zu speichern,

Aus den Einzelteilen werden Baugruppen gebildet. Bei einem top-down Prozess (Skelettmodell) wird der Assembly 4 Arbeitsbereich verwendet. Bei einem bottom-up Prozess wird der A2Plus Arbeitsbereich verwendet.

Technische Zeichnungen

Es gibt mehrere Arten von technischen Zeichnungen. Die technischen Zeichnungen, welche die meisten Hersteller erstellen, sind die Herstellungszeichnungen der Einzelteile und die Zusammenbauzeichnungen der Baugruppen.

Im Freecad Arbeitsbereich TechDraw werden von den bereits erstellten 3D CAD Modellen die benötigten technischen Zeichnungen abgeleitet. Dabei kann auf eine Vielzahl von Blattvorlagen nach unterschiedlichen Normen zurückgegriffen werden. Die Ansichten werden nach Auswahl der Vorlage auf dem Blatt platziert und z.B. mit Bemaßungen oder Anmerkungen versehen.

Die fertigen technischen Zeichnungen werden meistens als PDF-Datei exportiert und in das PLM-System eingepflegt, wo die Mitarbeiter aus der Fertigung darauf zugreifen können.

Alternativ können die technischen Zeichnungen als PDF an Lohnfertiger versendet werden, welche dann als Subunternehmer die Fertigung übernehmen.

Export der Dateien

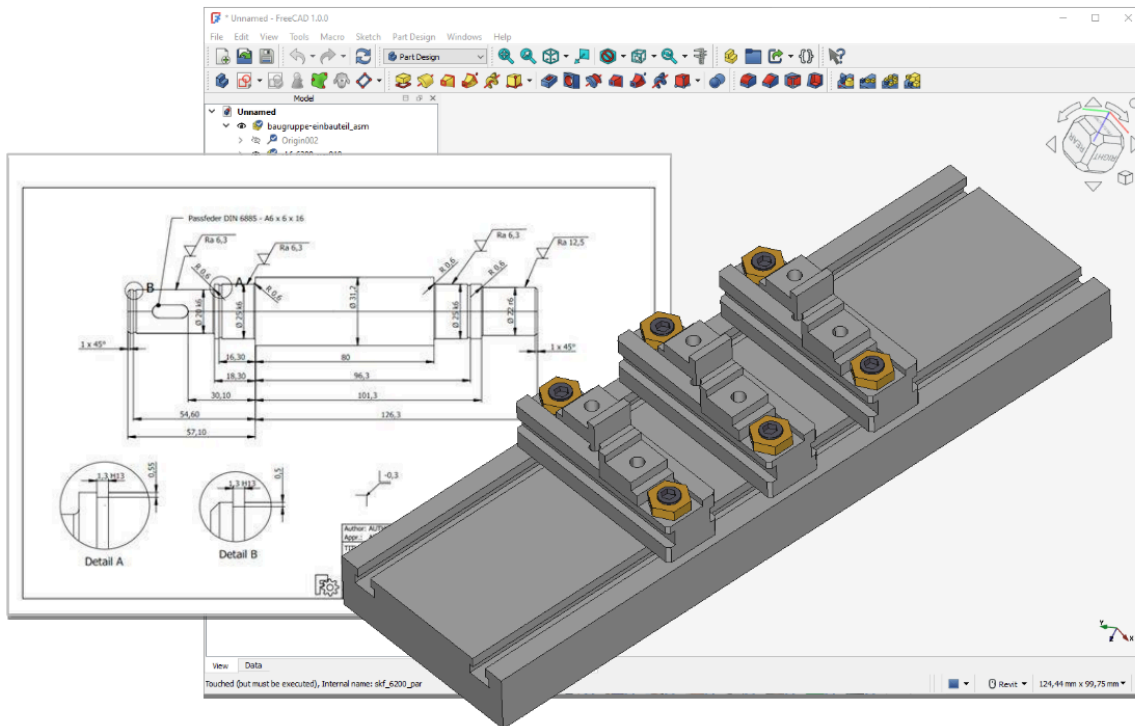


Abbildung 8: Aufsetzen eines FEM-Berechnungs-Fallstudie für ein Mars-Rover Fahrwerk aus Kunststoff mit PrePoMax

Verwendete Software:

- FreeCAD

Simulation der Komponenten in FEM-Software

Durch die Simulation der Einzelteile sollen möglichst viele Tests ersetzt werden. So wird über die Simulation z.B. der Sicherheitsfaktor eines Bauteiles berechnet, schon bevor dieses Bauteil hergestellt wurde. Dadurch werden die Kosten der Entwicklung verringert und die Zeit bis zum fertig entwickelten Produkt verkürzt.

Als Simulationssoftware zur Berechnung des Sicherheitsfaktor wird die Open-Source Software PrePoMax verwendet, welche es erlaubt, Belastungsfälle der Bauteile bis ins kleinste Detail zu simulieren.

Die Ergebnisse aus der Simulation werden in einer Dokumentation in Libre Office Writer erstellt und dienen u.a. als Beweis den Behörden gegenüber, falls es zu einem Schadensfall kommen sollte.

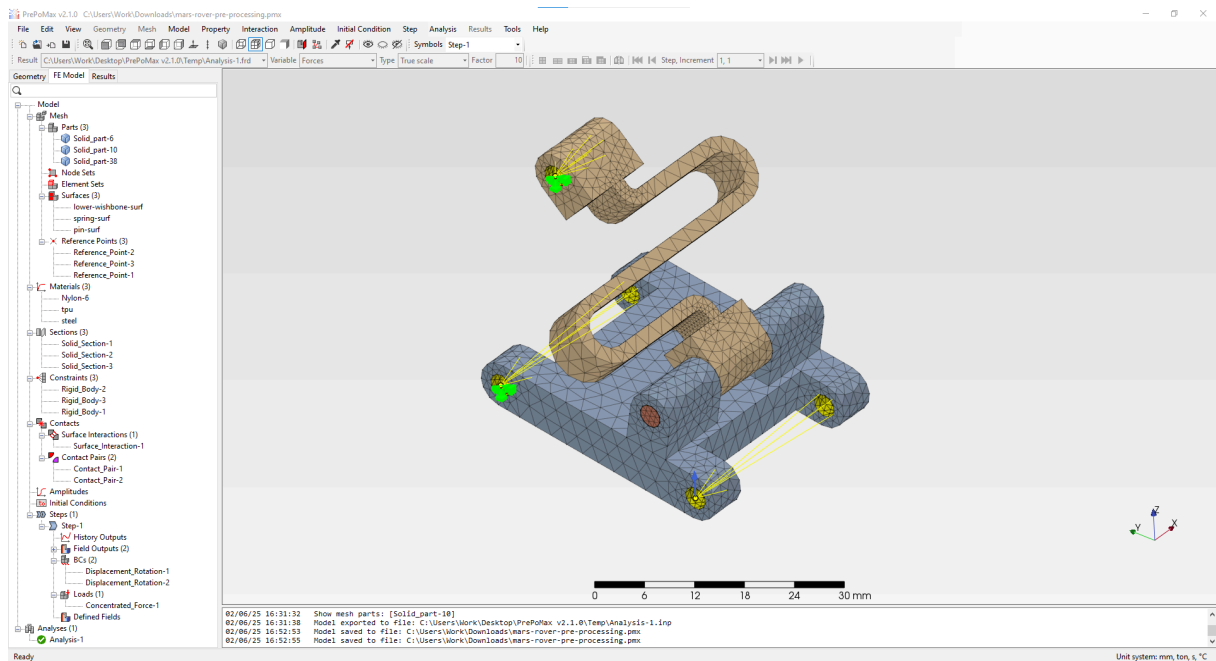


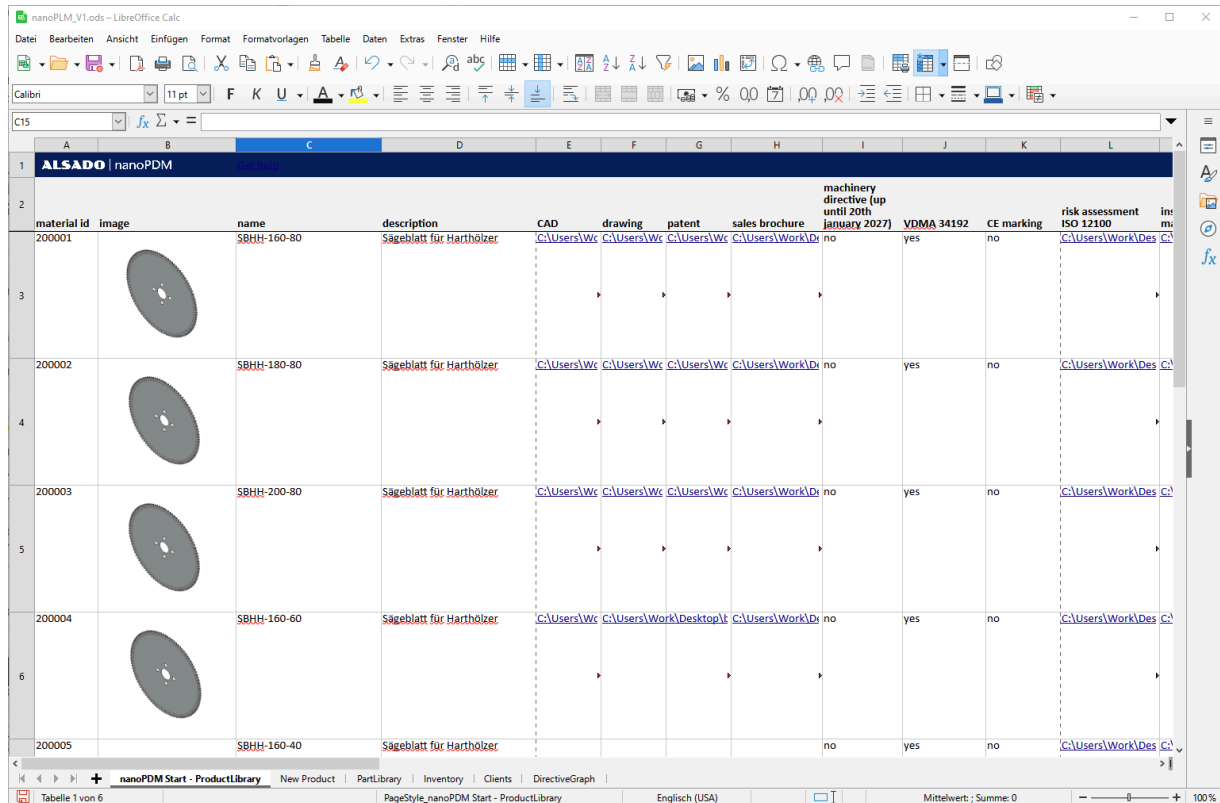
Abbildung 9: Aufsetzen eines FEM-Berechnungs-Fallstudie für ein Mars-Rover Fahrwerk aus Kunststoff mit PrePoMax

Verwendete Software:

- FreeCAD
- PrePoMax

Produktdatenmanagement

Alle Bauteile, egal ob aus eigener Fertigung oder Zuliefererteile, werden in einer Übersicht verwaltet.







material Id	image	name	description	CAD	drawing	patent	sales brochure	machinery directive (up until 20th January 2027)	VDMA 34192	CE marking	risk assessment ISO 12100	in m...
200001		SBHH-160-80	Sägeblatt für Harthölzer	C:\Users\W...	C:\Users\W...	C:\Users\W...	C:\Users\WorkD...	no	yes	no	C:\Users\WorkDes...	C...
200002		SBHH-180-80	Sägeblatt für Harthölzer	C:\Users\W...	C:\Users\W...	C:\Users\W...	C:\Users\WorkD...	no	yes	no	C:\Users\WorkDes...	C...
200003		SBHH-200-80	Sägeblatt für Harthölzer	C:\Users\W...	C:\Users\W...	C:\Users\W...	C:\Users\WorkD...	no	yes	no	C:\Users\WorkDes...	C...
200004		SBHH-160-60	Sägeblatt für Harthölzer	C:\Users\W...	C:\Users\WorkDesktop...	C:\Users\W...	C:\Users\WorkD...	no	yes	no	C:\Users\WorkDes...	C...
200005		SBHH-160-40	Sägeblatt für Harthölzer					no	yes	no	C:\Users\WorkDes...	C...

Abbildung 10: Aufsetzen eines FEM-Berechnungs-Fallstudie für ein Mars-Rover Fahrwerk aus Kunststoff mit PrePoMax

Versionierung, Infrastruktur und Arbeit im Team

Alle Produktdaten werden über ihren gesamten Lebenszyklus an einer zentralen Stelle organisiert und können so sicher von allen Mitarbeitern genutzt werden. Dadurch wird verhindert, dass Duplikate entstehen, welche sich sogar widersprechen könnten.

Versionierung (Subversion und Tortoise SVN)

Eine Versionierung erlaubt eine hierarchische Nachverfolgbarkeit der Änderungen an Dateien. Die Versionierungssoftware Subversion wird auf dem zentralen Rechner installiert. Auf allen anderen Rechnern wird der Tortoise SVN Client installiert, wodurch Dateien von einem Mitarbeiter beansprucht und später wieder freigegeben werden können. Dadurch wird verhindert, dass mehrere Mitarbeiter gleichzeitig an einer Datei arbeiten und es zu Konflikten kommt.

Netzwerk

Alle Produktdaten werden auf einem zentralen Rechner im Unternehmen gespeichert. Alle anderen Rechner sind mit diesem zentralen Rechner verbunden und können auf die Daten zugreifen. Zusätzlich können die Zugriffsrechte zu eingestellt werden, dass alle Mitarbeiter nur auf die für sie relevanten Daten zugreifen können. Der zentrale Rechner verfügt über einen redundanten Speicher und eine vom Stromnetz unabhängige Stromquelle, damit im Falle eines Stromausfalles keine Daten verloren gehen. Außerdem werden die Daten in regelmäßigen Abständen auf einem externen Datenträger gespeichert.

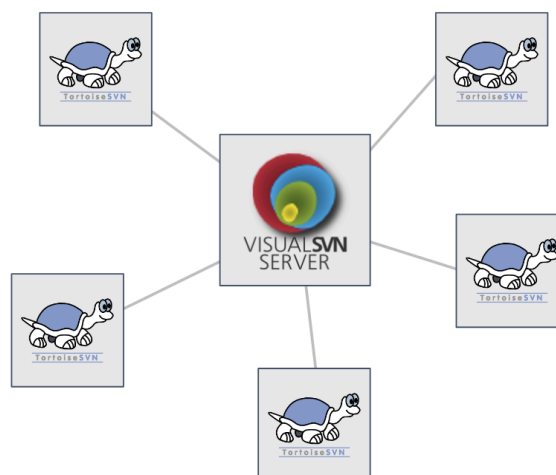


Abbildung 11: Aufsetzen eines FEM-Berechnungs-Fallstudie für ein Mars-Rover Fahrwerk aus Kunststoff mit PrePoMax

Verwendete Software:

- Visual SVNServer
- Tortoise SVN Client

Fertigung

Die Fertigung stellt die Maschine anhand der Entwürfe her. Sind alle Unterlagen der entworfenen Maschine zur Fertigung vorhanden kann die Fertigung entweder intern durchgeführt werden oder an Subunternehmer abgegeben werden.

Abwägung von interner und externer Fertigung

Die Vorteile einer internen Fertigung ist der höhere Schutz des geistigen Eigentums und eine geringere Abgängigkeit von anderen Unternehmen. Einer der Nachteile sind auf jeden Fall die höheren Investitionskosten zu Anfang. Jeder Unternehmer muss deshalb selbst abwägen, welche die bessere Lösung für seinen Fall ist. Diese Entscheidung kann sich auch im Laufe des Projektes ändern. So können Prototypen erst intern hergestellt werden und die Serie dann ausgelagert werden. Denkbar wäre es auch umgekehrt. Es ist auch möglich nur Teile der Fertigung auszulagern. Die Auslagerung von „dreckigen“ Herstellungsschritten wie z.B. das Gießen kann von Vorteil sein, um die eigenen Mitarbeiter einer geringeren Belastung auszusetzen.



Abbildung 12: Interne Fertigung von Bauteilen aus Stahl mittels CNC-Fräsmaschine mit Retrofit und LinuxCNC Steuerung

Qualitätssicherung

Die hergestellten Bauteile und Baugruppen werden auf Ihre Sicherheit und Funktionalität geprüft. Die genauen Anforderungen ergeben sich im Laufe des Projektes und können sich auch nach Serienfertigung aufgrund von Feedback von Kunden ändern. Die Prüfung der Sicherheit wirkt einer Haftung für Personen- und Sachschäden aufgrund einer zu geringen Sicherheit entgegen. Die Prüfung der Funktionalität wirkt einer

Die Ergebnisse der Prüfungen werden in Libre Office Calc erfasst und gespeichert.

Verwendete Software:

- Libre Office Calc

Seminar

Zu dem vorgestellten Verfahren **“Produktentstehungsprozess im Maschinenbau mit Open-Source-Software - Ein praktischer Leitfaden für KMUs und Start-Ups”** werden ein Vor-Ort Seminar und ein Online-Webinar als Live-Veranstaltung mit den folgenden Themen angeboten.

11. Übersicht vom Produktentstehungsprozess im Maschinenbau in Deutschland
12. Definieren der Anforderungsliste
13. Technologierecherche in Patentdatenbanken
14. Produktkonzept der Maschine
15. Produktsicherheit der Maschine
16. Vorentwurf der gesamten Maschine und seiner Komponenten
17. Detailentwurf der Maschine
18. Simulation der Komponenten
19. Produktdatenmanagement
20. Versionierung, Infrastruktur und Arbeit im Team
21. Fertigung

Infos zur Veranstaltung

Dauer: 1 Tag, 9:00 - 16:00 Uhr

Kosten: 690,- € pro Person

Termine: 1x jede 2 Monate

Kursteilnehmer erhalten Seminarunterlagen in der aktuellen Version

Vortragende

- Aleksander Sadowski

Aleksander Sadowski ist seit vielen Jahren engagiertes Mitglied der FreeCAD-Community und bringt die Verbreitung von FreeCAD in der Industrie voran. Mit der Gründung des Unternehmens ALSADO, bietet er als Erstes weltweit, FreeCAD-Support für Unternehmen aus dem Maschinenbau an. Dabei führt Aleksander nicht nur Seminare durch, sondern entwickelt eigene Software in den Bereichen CAD, FEM und PLM, um Unternehmen effizienter zu machen. Seine praktischen Erfahrungen und sein Fachwissen hat er im Handbuch *FreeCAD Beginner's Starter Kit* für Einsteiger verständlich aufbereitet. Aleksander teilt sein Wissen regelmäßig als Referent bei Fachkonferenzen und spricht über den Einsatz von Open-Source-Software im Produktentstehungsprozess. Im Rahmen seiner Tätigkeit beim Maschinenhersteller GROB in Mindelheim beschäftigte er sich intensiv mit Produktsicherheit und dem Patentwesen. Aleksander Sadowski ist Erfinder einer innovativen Sicherheitsschraube für den Einsatz in Werkzeugmaschinen. Aktuell vertieft Aleksander Sadowski sein technisches Know-how durch ein Maschinenbaustudium an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg.

Produktentstehungsprozess im Maschinenbau mit Open-Source-Software - Ein praktischer Leitfaden
für KMUs und Start-Ups

Copyright © 2025 Aleksander Sadowski. Alle Rechte vorbehalten.

ALSADO

ALSADO Inh. Aleksander Sadowski

Liebfrauenstraße 31

53757 Sankt Augustin

Deutschland

Mobil +49 (0) 1578 965 67 67

E-Mail info@alsado.de

Web www.alsado.de

Quellen

- “Leitfaden - Wie der Produktentstehungsprozess mit Open-Source-Software gelingt“, 08.11.2024, Aleksander Sadowski, konstruktionspraxis, Vogel Communications Group:
<https://www.konstruktionspraxis.vogel.de/wie-der-produktentstehungsprozess-mit-open-source-software-gelingt-a-2489d8720da4cc79f845bd795fcf81c4/?pt=672d8363b819f>
- “Succeeding with open-source-software in product development“, 24.01.2025, Aleksander Sadowski, Grabcad-Community, Stratasys:
<https://grabcad.com/tutorials/succeeding-with-open-source-software-in-product-development>
- “Einwand des freien Standes der Technik“, 02.07.2025, Wikipedia:
https://de.wikipedia.org/wiki/Einwand_des_freien_Standes_der_Technik
- “FreeCAD“, 02.07.2025, Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/FreeCAD>



Herausgegeben von:

ALSADO Inh. Aleksander Sadowski
Liebfrauenstraße 31
53757 Sankt Augustin
Deutschland

ALSADO