

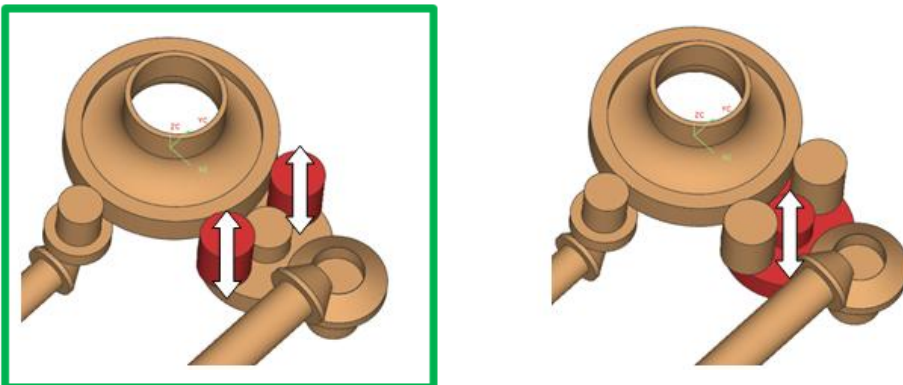
KISSsoft AG - ☎ +41 55 254 20 50  
Uetzikon 4 - ☎ +41 55 254 20 51  
8634 Hombrechtikon - ✉ info@KISSsoft.AG  
Switzerland - www.KISSsoft.AG

## KISSsoft lässt Marengo abheben

Im Rahmen eines aktuellen Projektes hat Marengo Swisshelicopter AG einen Leicht-Helikopter entwickelt. Dabei wurde für die Auslegung des Hauptgetriebes die KISSsoft-Berechnungssoftware eingesetzt. In einer ersten Konzeptphase ging es hauptsächlich darum, verschiedene Bauarten des Getriebes zu untersuchen. Durch die Variation der Parameter verschiedener Konzepte in KISSsoft und der gleichzeitigen Visualisierung der Varianten im CAD-Programm war es auf einfache und zeiteinsparende Weise möglich, die optimale Variante zu evaluieren. Neben dem Gewicht war die Realisierung eines möglichst einfachen Getriebebaus ein wichtiges Auslegungskriterium. Dazu wurden verschiedene Varianten der möglichen Übersetzungsabstufungen für die verschiedenen Bauarten geprüft. Nachdem die Getriebekonzeption festgelegt war, wurden schliesslich auch die Lager mit KISSsoft ausgelegt.

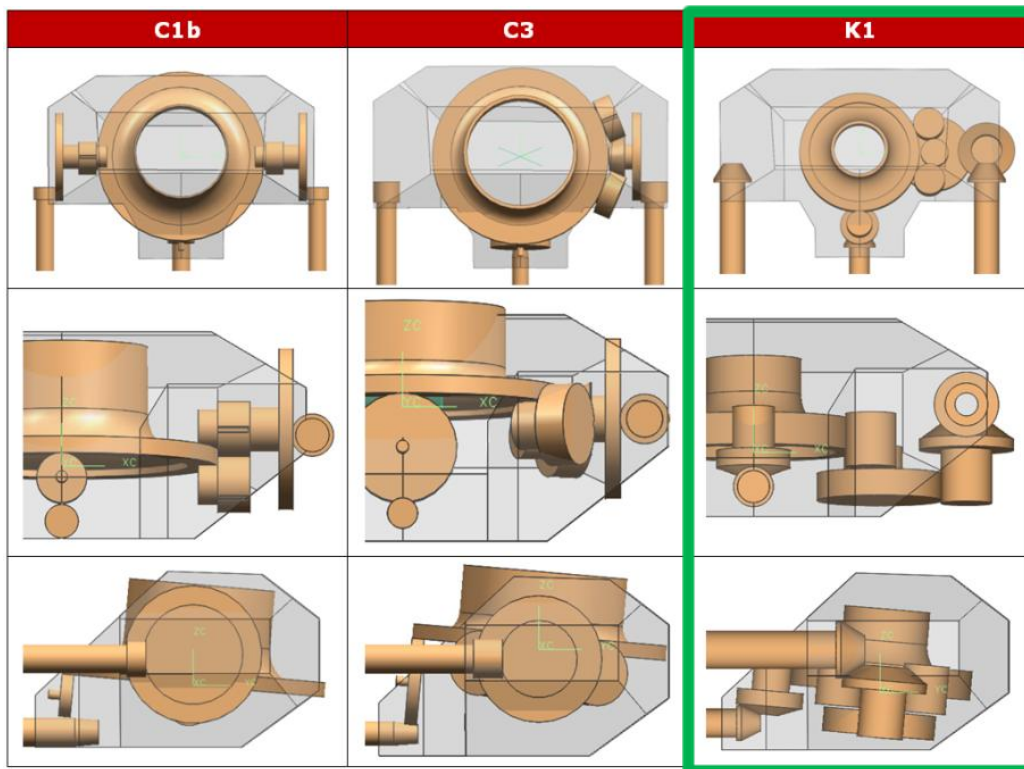
### Drehzahl und Gewicht des Hubschraubergetriebes

Hubschraubergetriebe müssen leicht sein, zudem übertragen sie relativ grosse Leistungen und müssen absolut zuverlässig funktionieren. Von einigen Ausnahmen abgesehen – beispielsweise in dem Fall, wenn der Motor stehend oder schräg eingebaut ist – wird neben der Drehzahlanpassung die Kraft um 90 Grad umgeleitet. Es gibt verschiedene Bauarten, mit welchen diese Ziele erreicht werden können. Während für kleinere Hubschrauber sehr oft eine einfache Abstufung im Hinblick auf die 90 Grad-Umlenkung ausreicht, werden in grösseren Hubschraubern in der Regel eine oder zwei Planetenstufen eingesetzt, um die notwendige Übersetzung zu erreichen. Eine von der Theorie her relativ alte, aber eher selten eingesetzte Variante besteht darin, anstelle eines Planetengetriebes die Kraft mit einem „Torque Split“-Getriebe auf verschiedene Ritzel zu verteilen.



Stirnräder in der letzten Stufe mit markierter „Torque Split“-Variante.

In der Theorie ergeben sich mit dieser Methode Gewichtsvorteile und das Getriebe hat einen einfacheren Aufbau. Es ist jedoch in der praxisbezogenen Konstruktion sicherzustellen, dass das Drehmoment auch tatsächlich über alle Ritzel übertragen wird. Dies soll durch den Einbau von richtig dimensionierten flexiblen Elementen gewährleistet werden.



Konzeptstudie im morphologischen Kasten mit Markierung der favorisierten Variante.

## Rotorkopfansteuerung und Rotormast

Das Hubschraubergetriebe ist zuständig für die Übertragung des Drehmoments zwischen Turbine und Hauptrotor. Neben der eigentlichen Aufgabe der Drehzahlreduktion übernimmt ein Hubschraubergetriebe einige weitere äusserst wichtige Funktionen: Einerseits muss die Rotorkopfansteuerung in der Konzeption des Getriebes mitberücksichtigt werden, andererseits wird dort auch der gesamte Rotormast gelagert.

Je nach Integrationsgrad der Rotorkopfansteuerung übt diese einen mehr oder weniger grossen Einfluss auf die Getriebekonzeption aus. Während bei der gebräuchlichsten Ansteuerung über eine unter dem Rotorkopf liegende Taumelscheibe insbesondere der Bauraum für die verschiedenen Elemente mitzubersichtigen ist, hat zum Beispiel der indische DHRUV eine komplett in das Getriebe integrierte Ansteuerung.

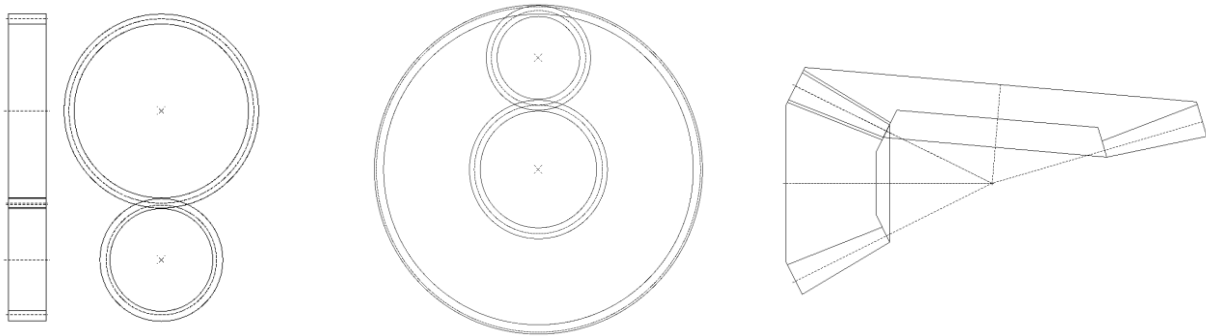
Die Mastlagerung dagegen muss die vom Rotorkopf übertragenen Kräfte in das Getriebe einleiten. Je nach Rotorkopfauslegung sind diese Lasten unterschiedlich zusammengesetzt. Ein Zweiblatt-Rotorkopf vermag direkt keine Momente auf den Rotormast zu übertragen während ein „halbstarrer“ Rotorkopf Momente überträgt. Diese werden sogar gemessen und dem Piloten angezeigt, damit er vor allem am Boden bei Schräglandungen keine zu grossen Momente generiert.

Wenn es darum geht, aus all den verschiedenen, sich teilweise widersprechenden Anforderungen ein möglichst gutes Konzept für ein Hubschraubergetriebe zu realisieren, ist es unabdingbar, bereits in einer sehr frühen Phase die notwendigen Hauptabmessungen und Hauptparameter einfach und rasch einzugrenzen. Dies ist auch der Grund, dass Simulations- und Berechnungssoftware in einer frühen Phase einzusetzen ist, wobei es in diesem Zusammenhang von grosser Wichtigkeit ist, dass die Software problemlos die Generierung von Varianten zulässt.

Im vorliegenden Fall ging es darum, ein Konzept für ein Hubschraubergetriebe zu entwickeln. Dabei sollte die Rotorkopfansteuerung mitberücksichtigt werden, die nicht aussen am Rotormast, sondern durch den Rotormast geführt werden sollte – jedoch so, dass keine zusätzlichen Elemente notwendig sind.

## Zahnradauslegung mit KISSsoft

Für die Grundkonzeption wurde eine Kette aufgebaut, in welcher die verschiedenen notwendigen Getriebesätze in KISSsoft berechnet und deren Hauptparameter in einfache, parametrisierte Darstellungen im CAD übernommen wurden. In der Folge konnten einerseits die Zahnradparameter variiert werden und andererseits entstand ein Eindruck von der Baugrösse und Gestalt des Getriebes.

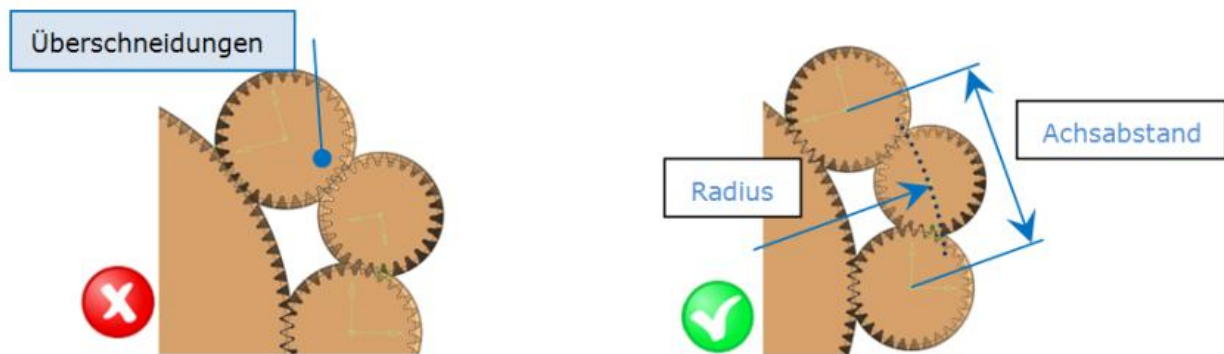


Zahnradauslegung mit KISSsoft von Stirnverzahnungen (gerade, schräg, pfeilverzahnt), Hohlrädern, Planetensätzen, Kegelrädern etc.

Alternativ zum Export ins CAD hätte auch KISSsys direkt eine 3D-Visualisierung ermöglicht. Hierzu wäre jedoch ein Import der unterschiedlichen Gehäusevarianten ins KISSsys nötig gewesen, so dass der Weg von KISSsoft direkt ins CAD einfacher erschien.

## Einmotorige vs. zweimotorige Variante

Neben einer einmotorigen Ausführung wurde parallel eine zweimotorige Ausführung konzeptionell verfolgt. Das Ziel bestand darin, das Getriebe durch eine Variante mit zwei antreibenden Motoren zu erweitern. Detailliert ausgelegt wurde dann jedoch zunächst die einmotorige Variante. Nachdem der Grundbaukasten erstellt war, konnte – dank der Möglichkeit, die verschiedenen Parameter zu verändern – die beste Variante evaluiert werden. Wichtig war hierbei, dass die Variation nicht nur geometrisch mit fixen Zahnradsätzen im CAD stattfand, sondern auch die verzahnungstechnischen Parameter verändert und angepasst werden konnten. Der zeitliche Aufwand, um eine neue Variante zu berechnen, war äusserst gering – dank den sich ergebenden Trends konnten Varianten sinnvoll verändert oder verworfen werden. Es liess sich schnell ablesen, ob eine Idee umsetzbar oder sinnvoll realisierbar war.

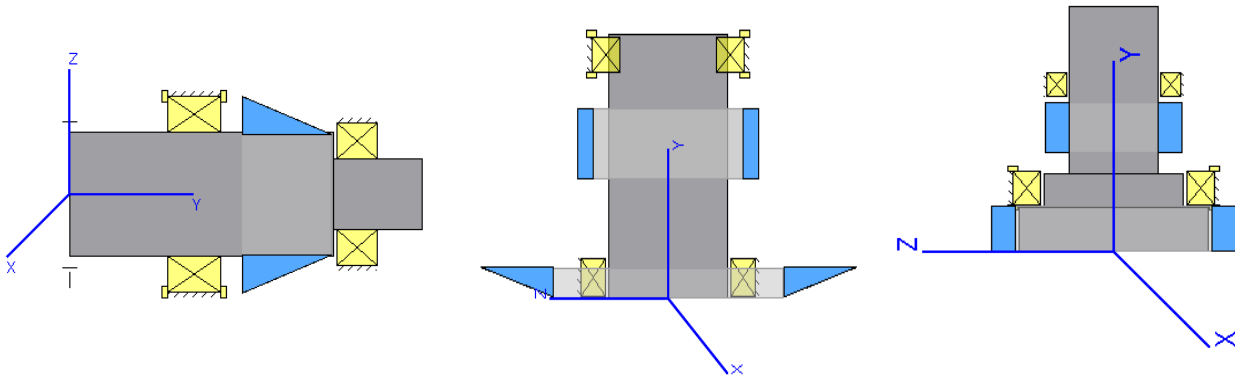


Nachträgliche Modifikationen von verzahnungstechnischen Parametern.

Zusammen mit dem im CAD integrierten Rotoranlenkungskonzept entstanden so im Endeffekt wenige Möglichkeiten von Getriebeausprägungen, die bezüglich ihren Verzahnungsparametern und Sicherheiten bereits weitgehend optimiert waren und bei denen schliesslich ebenfalls der grobe Bauraum bekannt war.

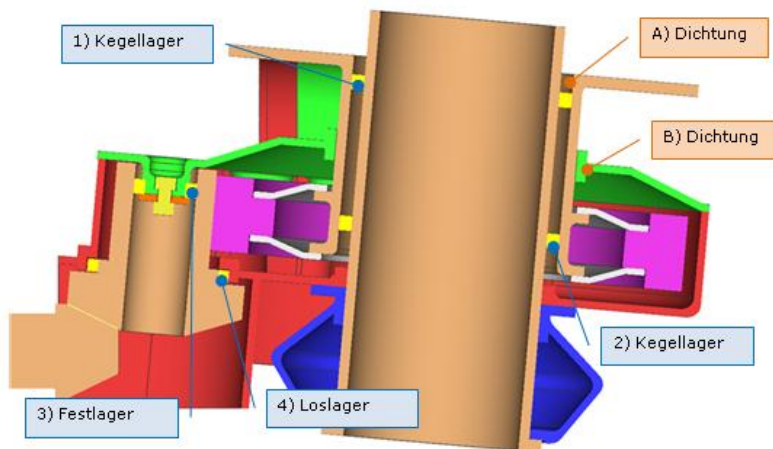
## Lagerauslegung und Wellenberechnung mit KISSsoft

Die favorisierte Getriebevariante konnte nun in einem nächsten Schritt bezüglich der Lager ausgelegt werden, deren Bauraum bis anhin ganz grob im CAD durch einen Platzhalter freigehalten wurde. KISSsoft lieferte hierzu die dafür notwendigen Daten und berechnete anschliessend die einzelnen Wellen im Hinblick auf ihre Lager.



Vorauslegung der Lager, Auslesen der Lagerkräfte.

Selbstverständlich gibt es in dieser Phase immer wieder Optimierungsansätze, die einen Einfluss auf die Grundparameter des Getriebes haben. Dank der Übernahme der Kräfte aus der Zahnradberechnung konnten alle Parameter aufeinander abgestimmt werden. Die berechneten, optimierten Daten aus KISSsoft wurden schliesslich für die Feinauswahl der Lager in die Berechnungssoftware des Lagerherstellers übernommen. Mit der ISO/TS16281 kann die Lagerberechnung mit Berücksichtigung der inneren Geometrie auch in KISSsoft durchgeführt werden, was zu ähnlichen Resultaten und zur Vermeidung von Wartezeiten führt.



Übertragung der ausgelegten Lagerungen ins CAD.

## Projekt-Review

Die Arbeit mit einem standardisierten Auslegungsprogramm in dieser frühen Projektphase und dem Aufbau einer durchgehenden Kette für die Konzeption eines Getriebes hat sich äusserst gut bewährt. Die rasche Visualisierung und Berechnung von Ergebnissen ermöglicht eine Steigerung der Effizienz, da verschiedenste Varianten durchgespielt werden können. Dieser Vorteil erlaubt es auch, eine exotische Variation vorzunehmen, die schliesslich in Kombination mit einer anderen Variante eine brauchbare Lösung ergeben kann. Dies ist vor allem wichtig, weil gerade bei Luftfahrzeugen ein Spielraum bezüglich ihres Gewichtes nicht gegeben ist und somit das Erreichen einer möglichst optimalen Auslegung wichtig wird.

Eine Steigerung des vorliegenden Ansatzes bestünde darin, wenn die Parameteroptimierung zusätzlich durch ein geeignetes Programm Unterstützung fände, welches in sinnvollen Grenzen aus allen Parametern – beispielsweise im Hinblick auf das Gewicht des Getriebes – die besten Werte evaluiert. Zu diesem Zweck könnte die Feinauslegung von KISSsoft oder die Programmierfunktion von KISSsys verwendet werden.

Nach der Gründung im Jahr 1997 konnte die Marengo AG zahlreiche Entwicklungsaufträge aus der Industrie erfolgreich abschliessen und das Label „Marengo Swissengineering“ etablieren. Entscheidend für diesen Erfolg ist die Entwicklung eigener Methoden und der integrierte Einsatz von modernsten CAx-Tools während des gesamten Produktentwicklungsprozesses – bis hin zur Dokumentation und Lieferung von kompletten Datensätzen nach Configuration Management II Standards. Das aus dem Engineeringprozess gewonnene Wissen geben wir als Beratungsleistung an unsere Consulting Kunden weiter. Neben der modernen Entwicklungsabteilung verfügt die Marengo AG über eine eigene Fertigung, in der Prototypen und Kleinserien hergestellt werden können. Weitere Informationen zur Marengo AG finden Sie unter: [www.marengo.ch](http://www.marengo.ch).

Die KISSsoft AG entwickelt Berechnungssoftware für Ingenieure und Konstrukteure in den verschiedensten Bereichen. Unter Anwendung der gültigen Normen (DIN, ISO, AGMA) gewährleistet die KISSsoft-Software schnelle und qualitätsstarke Auslegung, Nachrechnung sowie Festigkeitsberechnung von Maschinenelementen mit Dokumentation zu Sicherheitsfaktoren und Lebensdauerwerten. Bei Wellen, Lagern, Welle-Nabe-Verbindungen, Schrauben, Federn wie auch Ketten/Riemen verlassen sich weltweit zahlreiche Firmen auf die modular aufgebauten KISSsoft-Programme, wobei Anregungen und Wünsche von Anwendern fortlaufend in die Weiterentwicklung der Software einfließen. Der aktuelle KISSsoft-Release 10/2008 ist unter [www.KISSsoft.AG](http://www.KISSsoft.AG) zum kostenlosen Download verfügbar.