



watchmaking.com

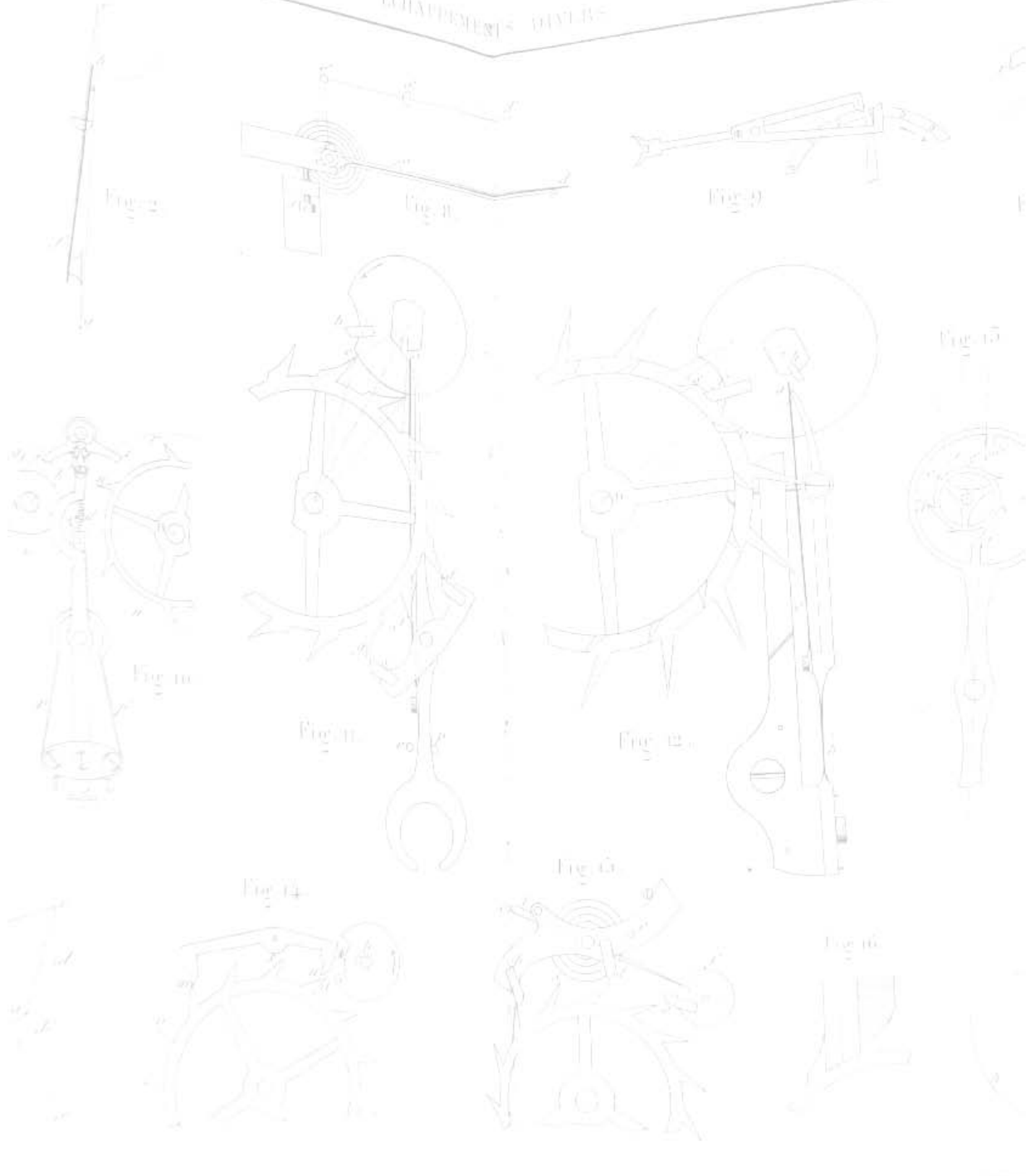
VBA Formelsammlung

Uhrenkonstruktion Excel



VBA Makros für Excel und Openoffice

Begleitend zum Unterricht und Handbuch gibt es Add-In's für die Berechnung der Uhren



Kilian Eisenegger Lehrbeauftragter HFT-SO
kilian.eisenegger@watchmaking.com www.watchmaking.com
Update Server der Daten
www.watchmaking.com

1	VBA FORMELSAMMLUNG UHRENKONSTRUKTION	4
2	MICROSOFT EXCEL	4
2.1.1	Wie installiert man ein Add-In (Office 2003)?.....	4
2.1.2	Wie installiert man ein Add-In (Office2007)?.....	5
2.1.3	Wie aktiviert man ein Add-In?	6
2.1.4	Wie deaktiviert man ein Add-In?	6
2.1.5	Wie entfernt man ein nicht mehr benötigtes Add-In aus der Liste?.....	7
2.1.6	Wie startet man Excel-Makros ohne Zertifizierung?.....	7
3	OPENOFFICE/LIBREOFFICE CALC	8
3.1.1	Wie installiert man ein Add-On.....	8
3.1.2	Sicherheit	8
4	VERWENDUNG DER ADD-IN FORMELN	9
5	FORMELNACHWEIS	10
6	MAKRO SICHERHEIT	11
7	SOLVER.....	11
7.1	OFFICE VERSION 2007	11
7.1.1	Solver Parameter	12
7.1.2	Ergebnis	12
7.2	SOLVER IN OPENOFFICE 3.4	13
7.2.1	Solver Parameter	13
7.2.2	Solver Parameter	13
8	VERWENDUNG DER VBA-FORMELN	14
8.1	MICROSOFT EXCEL.....	14
8.2	OPENOFFICE.....	14
8.3	EINGABE DER FORMEL.....	14
8.3.1	Formel Parameter	15
9	DYNAMISCHE DESIGNS FÜR MICROSOFT OFFICE DOKUMENTE	15
9.1	EXCEL GRAFIKEN DYNAMISCH ANPASSEN.....	16
10	VBA LISTING	17
10.1	FORMELN FÜR DIE BERECHNUNG DER HERTZSCHEN PRESSUNG	17
10.2	FORMELN FÜR DIE BERECHNUNG DER ENERGIE AUF DEM ANKERRAD	18
10.3	FORMELN FÜR DIE BERECHNUNG VON SCHWUNGMASSEN	19
10.4	ALLGEMEINE MATHEMATISCHE FORMELN	19
10.5	FORMELN FÜR DIE BERECHNUNG DER WINKELHEBELFEDER.....	20
10.6	FORMELN FÜR DIE BERECHNUNG DER SPIRALFEDER	20
10.7	FORMELN FÜR DIE VERPRESSUNG VON ORINGEN.....	21
10.8	FORMELN FÜR DRUCKBELASTUNG GLAS UND GEHÄUSEBODEN	21
10.9	FORMELN FÜR DIE BERECHNUNG DES DURCHMESSERS VOM FEDERHAUS.....	21
10.10	FORMELN FÜR DIE LEBENSDAUER UND AUSFALLWAHRSCHEINLICHKEIT	22



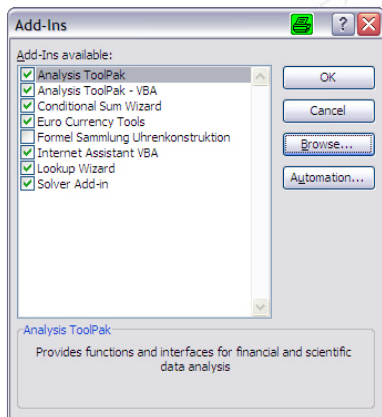
1 VBA Formelsammlung Uhrenkonstruktion

Dieses Dokument erklärt die Verwendung der VBA Formelsammlung für Microsoft Excel 2003 – 2010 sowie Openoffice und Libreoffice Calc. Es ist empfehlenswert das entsprechende Buch Uhrenkonstruktion, zu finden bei watchmaking.com, für die Anwendung der Formeln zu verwenden. Die Programme werden laufend erweitert. Die jeweils aktuelle Version kann auf dem Server watchmaking.com bezogen werden.

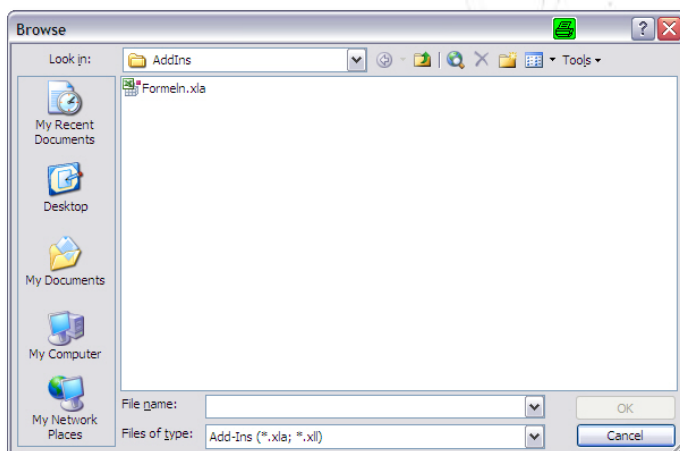
2 Microsoft Excel

2.1.1 Wie installiert man ein Add-In (Office 2003)?

- zunächst einmal ist wichtig, dass sie den Dateinamen und den Pfad der betreffenden *.xla-Datei kennen
- wenn sie unsicher sind, nutzen Sie die Suche im Explorer nach: *.xla
- anschliessend wechseln Sie zu Excel
- dort muss mindestens eine Arbeitsmappe (Endung: *.xls) geöffnet sein - es kann auch eine neue ungespeicherte Arbeitsmappe sein
- dann gehen Sie über *Menü > Extras > Add-Ins...* und das Dialogfenster *Add-Ins* springt auf



- Sie sehen alle bereits installierten Add-Ins, die Aktivierte sind angehakt
- klicken sie auf die Schaltfläche *Durchsuchen*



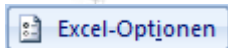
- das *Durchsuchen-Fenster* springt auf und wie sie es vom Dateiöffnen kennen, wechseln sie dort zu dem Verzeichnis, in dem sich Ihr zu installierendes Add-In befindet
- markieren Sie nun die gewünschte Datei und bestätigen die Auswahl über die Schaltfläche *OK*
- damit schliesst sich das *Durchsuchen-Fenster* und Sie haben wieder das Dialogfenster *Add-Ins* vor Augen

- wenn Sie das neu installierte Add-In direkt aktivieren wollen, dann haken Sie es an; wollen Sie es nicht aktivieren, dann achten Sie bitte darauf, dass es nicht angehakt ist
- verlassen Sie den Dialog über Schaltfläche *OK*
- damit ist die Installation abgeschlossen

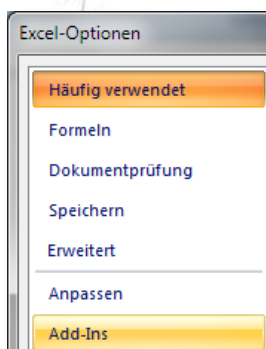
2.1.2 Wie installiert man ein Add-In (Office2007)?

Im Gegensatz zu Office 2003 oder früher wird eine XLA oder XLAM Datei wie folgt installiert.

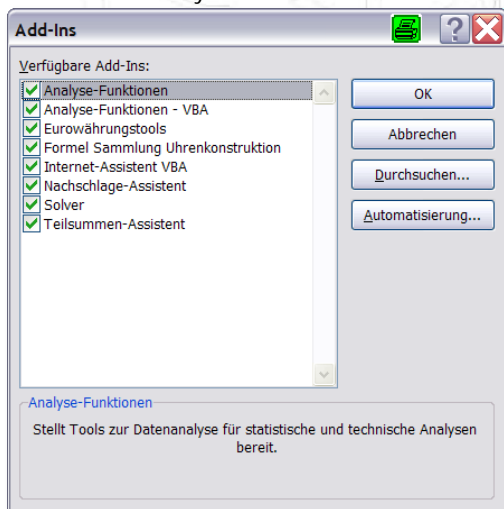
- Über die Office Schaltfläche das Optionen Menü aufrufen.



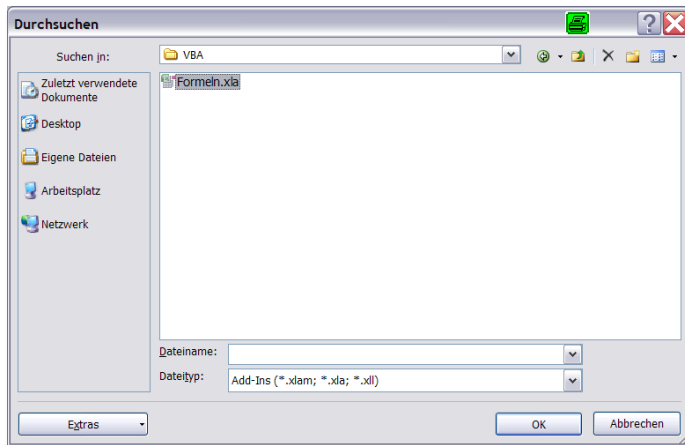
- Anschliessend über die Add-Ins die XLA Datei laden wie unter Office 2003 beschrieben.



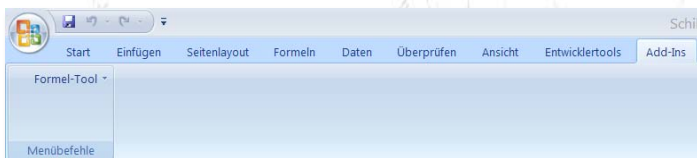
- Die Analyse Funktionen müssen aktiviert sein.



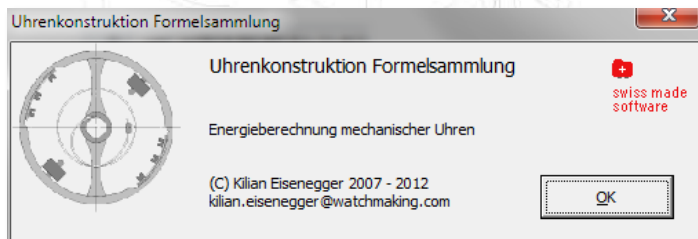
- Das entsprechende Programm auswählen und aktivieren.



- Nach der Installation erscheint das Menü im Officeprogramm.



Die VBA-Funktionen oder Programme können über das Add-Ins Menü aufgerufen werden. Es ist dabei zu beachten, dass die Makrosicherheit auf die mittlere Stufe gesetzt wird. Es ist sonst nicht möglich die Makros zu benutzen.



2.1.3 Wie aktiviert man ein Add-In?

- Excel ist geöffnet und dort muss mindestens eine Arbeitsmappe (Endung: *.xls) geöffnet sein - es kann auch eine neue ungespeicherte Arbeitsmappe sein
- dann gehen Sie über *Menü > Extras > Add-Ins...* und das Dialogfenster *Add-Ins* springt auf
- Sie sehen alle bereits installierten Add-Ins, die Aktivierten sind angehakt
- suchen Sie sich das zu aktivierende Add-In aus der Liste heraus und haken es an
- verlassen Sie den Dialog über die Schaltfläche *OK*
- damit ist die Aktivierung abgeschlossen

Nach Add-In-Aktivierung erscheinen häufig neue Einträge in den Menüs oder Untermenüs, neue Icons in den Symbolleisten oder es generieren sich sogar eigene Symbolleisten. Über diese Einträge können Sie die Add-Ins aufrufen.

Ein anderer Weg der Nutzung ist Aufruf durch Code oder Einsatz der im Add-In gespeicherten benutzerdefinierten Funktionen entweder in Code oder Formeln.

2.1.4 Wie deaktiviert man ein Add-In?

Vorab: Deaktivieren bedeutet nicht löschen! Deaktivierte Add-Ins werden nur nicht geladen. Sie sind aber jederzeit aktivierbar.

- Excel ist geöffnet und dort muss mindestens eine Arbeitsmappe (Endung: *.xls) geöffnet sein - es kann auch eine neue ungespeicherte Arbeitsmappe sein
- dann gehen Sie über *Menü > Extras > Add-Ins...* und das Dialogfenster *Add-Ins* springt auf
- Sie sehen alle bereits installierten Add-Ins, die Aktivierten sind angehakt
- suchen Sie sich das zu deaktivierende Add-In aus der Liste heraus und haken es ab
- verlassen Sie den Dialog über die Schaltfläche *OK*
- damit ist die Deaktivierung abgeschlossen

2.1.5 Wie entfernt man ein nicht mehr benötigtes Add-In aus der Liste?

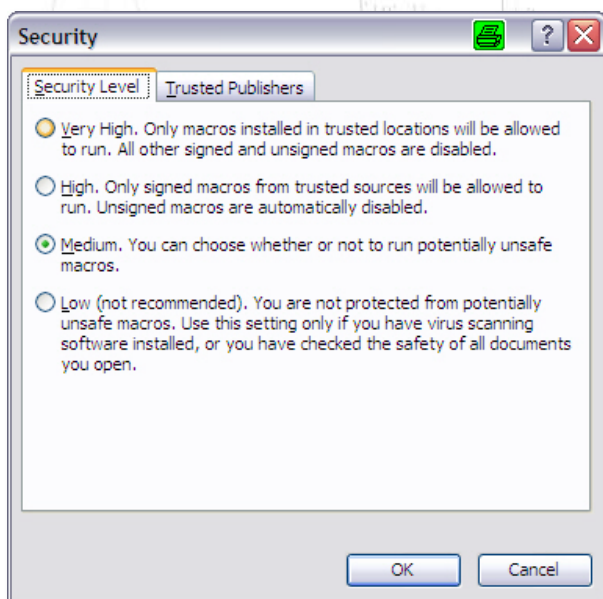
Um die Auswahlliste übersichtlich zu halten, empfiehlt es sich, nicht mehr benötigte Add-Ins dort zu entfernen. Dies geht so:

- deaktivieren Sie zunächst das Add-In, welches aus der Liste entfernt werden soll
- wechseln Sie zum Explorer
- verschieben Sie dort die entsprechende *.xla-Datei in ein beliebiges Verzeichnis; wenn Sie ganz sicher sind, dass Sie es nie mehr brauchen werden, können Sie diese Datei auch löschen
- wechseln Sie zurück zu Excel
- aktivieren Sie wieder das Add-In, welches aus der Liste entfernt werden soll
- nun liefert Excel Ihnen einen Dialog, da es die Datei nicht mehr im Pfad findet; bestätigen Sie den Dialog
- dadurch wird dieses Add-In aus Liste des Dialogfensters *Add-Ins* entfernt
- verlassen Sie den Dialog über die Schaltfläche *OK*

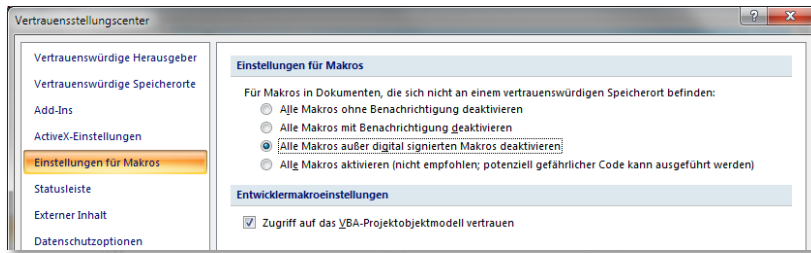
2.1.6 Wie startet man Excel-Makros ohne Zertifizierung?

Damit die Makros ohne Zertifizierung laufen, muss man die Makro-Sicherheit auf die mittlere Stufe setzen. Man kann dann wählen, welche Dateien Makros starten dürfen. Excel muss nach dem Wechsel neu gestartet werden.

- Starten Sie unter *Menu > Extras > Makros Sicherheit...*
- Stellen Sie die Sicherheit auf die mittlere Stufe
- Starten Sie Excel neu



Office 2003

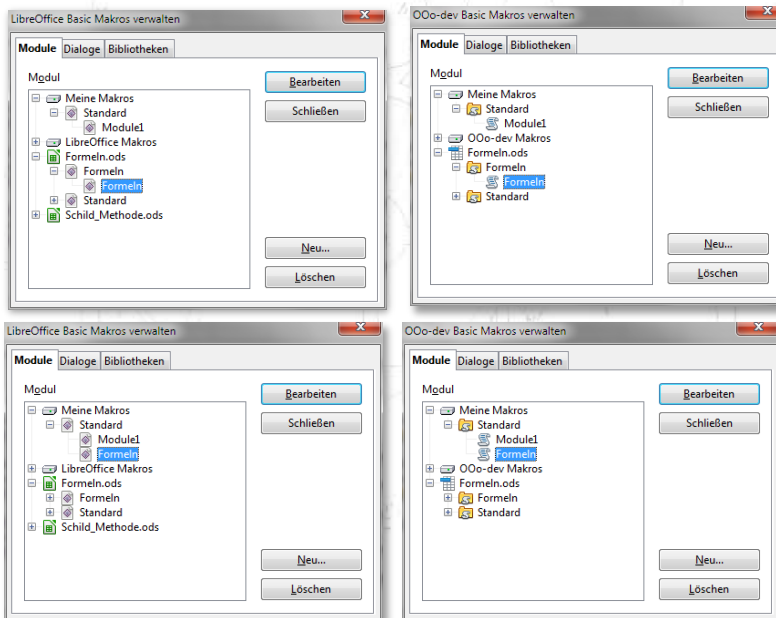


Office 2007

3 Openoffice/Libreoffice Calc

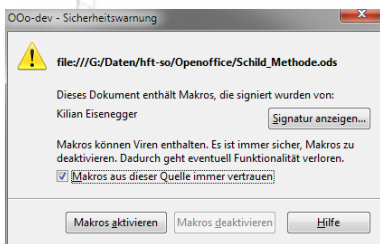
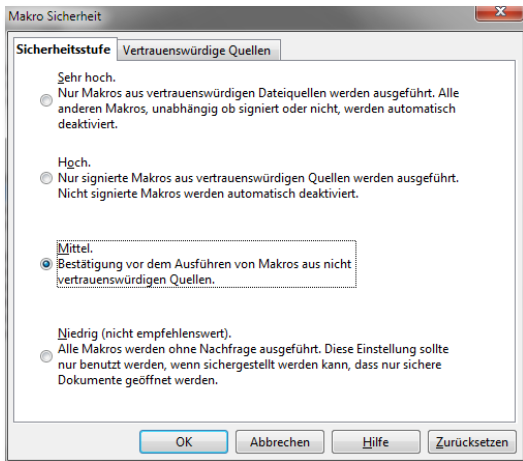
3.1.1 Wie installiert man ein Add-On

Laden Sie die Datei Formlen.ods und aktivieren die Makros



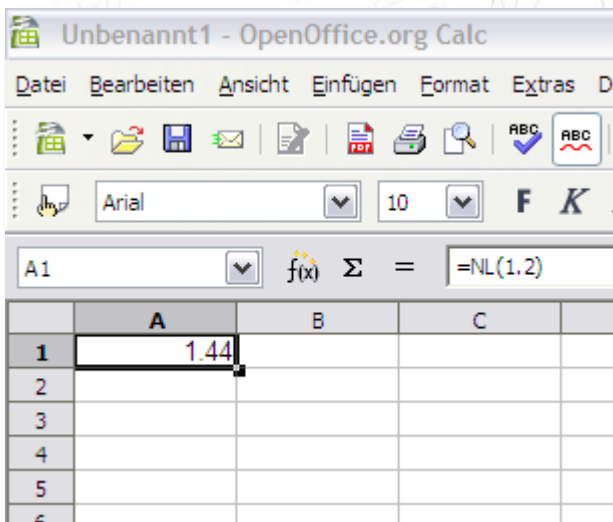
3.1.2 Sicherheit

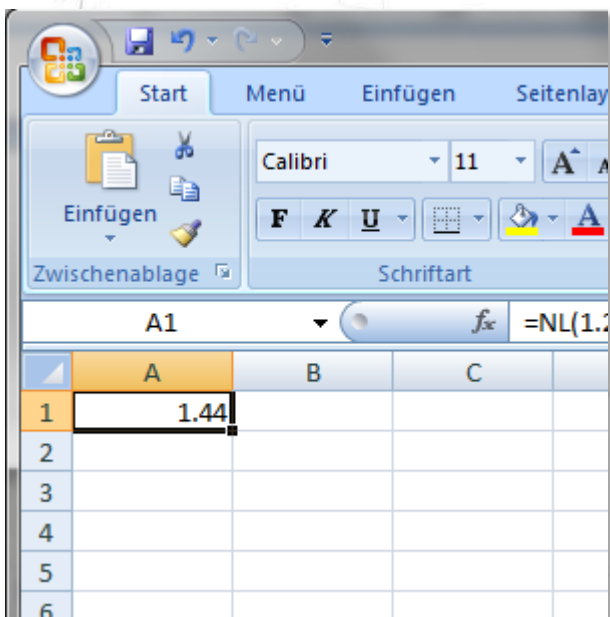
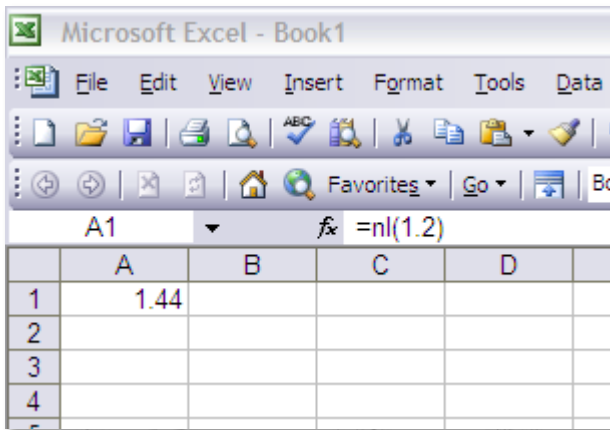
Die meisten meiner Dokumente sind lokal signiert. Sie können die Makros aktivieren. Setzen sie die Makrosicherheit wie bei Excel 2007/10 auf Mittel. (Ab Openoffice 3.4)



4 Verwendung der Add-In Formeln

Wenn die Formeln korrekt installiert sind können sie direkt in Excel oder Openoffice verwendet werden. Die Nulllänge einer Gummidichtung berechnet sich dann wie folgt:





5 Formelnachweis

Die zusätzlichen Formeln, welche verwendet werden können sind in den Unterlagen wie folgt dokumentiert.

Formel für die Auslenkung des Gehäusebodens unter Druck $f_{\max \text{ Boden}} = \frac{p \cdot R^4}{64 \cdot D}$

Eingabebform in Excel $f_{\max_b}(p; R; D)$

Die Reihenfolge der Parameter ist zu beachten. Die Parameter sind blau eingefärbt. Die Vereinfachung macht sich vor allem bei komplexen Formeln bemerkbar.

Die Kraft auf das Gleitlager B bei der Hertzschen Pressung berechnet sich wie folgt:

$$f_{l_B} = \sqrt{\left(\frac{f_{z_2} \cdot \sin(\alpha) \cdot (l_{ges} - l_2)}{l_{ges}} \right)^2 + \left(\frac{f_{z_2} \cdot \cos(\pi - \alpha) \cdot (l_{ges} - l_2) + f_{z_1} \cdot (l_{ges} - l_1)}{l_{ges}} \right)^2}$$

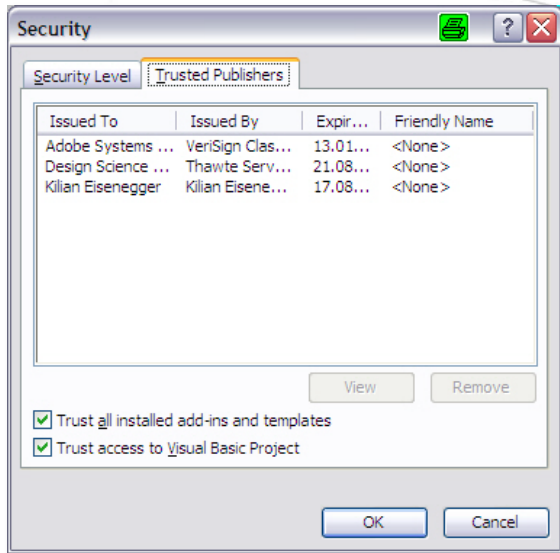
Die Vereinfachung in Excel oder Calc sieht so aus:

$f_{lb}(f_{z_1}; f_{z_2}; \alpha; l_{ges}; l_1; l_2)$

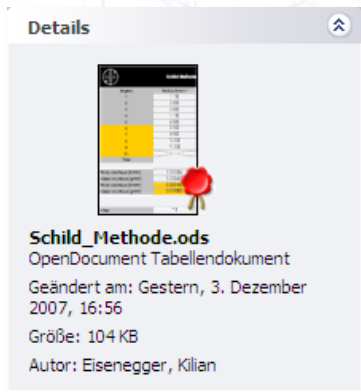
Die Programmdateien wie Schild_Methode.xls oder Schild_Methode.ods haben diese Formeln bereits eingebaut.

6 Makro Sicherheit

Die Uhrenkonstruktion Makros sind zertifiziert. Beim ersten Starten muss die neue Quelle als vertrauenswürdig angegeben werden.



Die Openoffice Dokumente sind ebenfalls zertifiziert. (zu Erkennen am Siegel)



7 Solver

Die Verwendung der Solver Funktion in Excel erlaubt es Berechnungen nachträglich zu optimieren. Wenn wir zum Beispiel die Geometrie der Schwungmasse auf die Aufzugsgeschwindigkeit anpassen wollen, ist der Einsatz vom Solver prädestiniert.

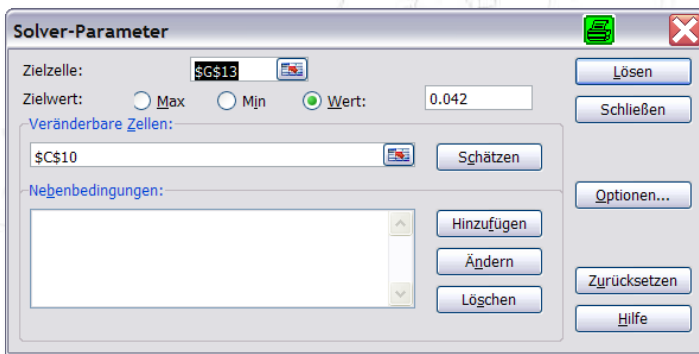
7.1 Office Version 2007



Wenn wir bei obigem Beispiel die Gewichtskraft auf 0.042 Gramm anpassen wollen indem wir den Aussendurchmesser anpassen ist die Lösung mit dem Solver schnell gefunden.

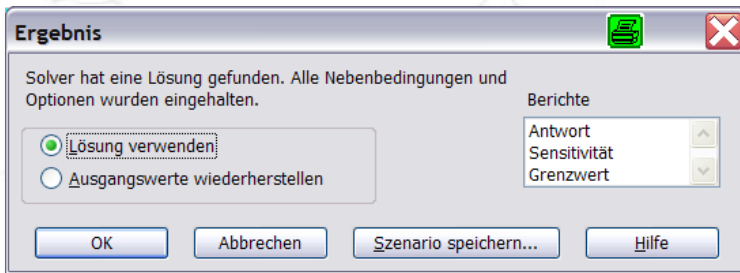
7.1.1 Solver Parameter

Die Solver Parameter werden definiert. Zielwert muss auf „Wert“ gesetzt werden.



7.1.2 Ergebnis

Das Ergebnis wird angezeigt und man hat die Wahl die Lösung zu verwenden oder zurück auf den alten Wert zu gehen.



Die Gewichtskraft ist angepasst worden. C11 ist von 12.5mm auf 12.73 angepasst worden.

Die Felder c11 und c12 müssen mit c10 verknüpft sein.



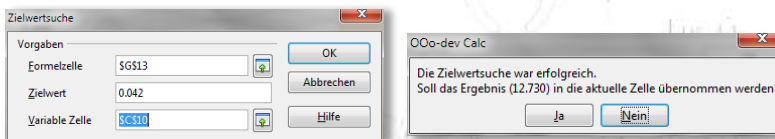
7.2 Solver in Openoffice 3.4

7.2.1 Solver Parameter

Schild Methode zum Berechnen einer Schwungmasse V1.2							Calibre:	XXXXXX
Segmet	Radius innen ri	Radius aussen Ra	Höhe h	Schrägsegment a	Schrägsegment b	Gewicht [N]		
1	1.100	1.800	0.400			0.00010714		
2	0.600	1.100	0.900			0.00010094		
3	0.600	1.100	0.900			0.00010094		
4	1.100	9.500	0.400			0.00469942		
5	9.500	10.000	1.000			0.00128648		
6	8.800	9.500	1.100			0.00398414		
7	9.500	10.000	0.500			0.00137837		
8	10.000	12.600	1.500			0.02492100		
9	11.000	12.600	0.700			0.00747347		
10 -		12.600		0.550	2.200	0.00405982		
Total						0.03999208		

7.2.2 Solver Parameter

In Openoffice bitte Zielwertsuche verwenden. Der Solver funktioniert nicht gleich zuverlässig.



Schild Methode zum Berechnen einer Schwungmasse V1.2							Calibre:	XXXXXX
Segmet	Radius innen ri	Radius aussen Ra	Höhe h	Schrägsegment a	Schrägsegment b	Gewicht [N]		
1	1.100	1.800	0.400			0.00010714		
2	0.600	1.100	0.900			0.00010094		
3	0.600	1.100	0.900			0.00010094		
4	1.100	9.500	0.400			0.00469942		
5	9.500	10.000	1.000			0.00128648		
6	8.800	9.500	1.100			0.00398414		
7	9.500	10.000	0.500			0.00137837		
8	10.000	12.730	1.500			0.02632038		
9	11.000	12.730	0.700			0.00812652		
10 -		12.730		0.550	2.200	0.00410438		
Total						0.04199994		



8 Verwendung der VBA-Formeln

Wenn das Add-In korrekt installiert ist, können die VBA Formeln wie Excel Formeln verwendet werden. Ein Klick auf das Formelsymbol gibt Auskunft über die Variablen.

8.1 Microsoft Excel

The screenshot shows the Microsoft Excel interface. The formula bar displays $=E_KF(B4;B7;B10)$. The spreadsheet contains a table of watch parameters under the heading 'Aufgabe 8'. A dialog box titled 'Arguments de la fonction' is open, showing the arguments for the 'pr_w' function: 'Mmax' (B6) = 12.24636729, 'Eta' (B5) = 0.7, 'Beta' (B5) = 0.8, 'F' (B3) = 5, and 'Ze' (Z1) = 21. The result is 1.79999918. To the right, technical specifications for a 'Mechanisches Handaufzugswerk' are listed, including 'Werldurchmesser 28mm', 'Frequenz f = 4 Hz', and 'Umgänge Federhaus N = 8'. Below this, a section titled 'Berechnen der folgenden Werte' lists tasks like 'Zähnezahl Sekundenrad' and 'Bestimmen der Dimension der Feder e₁'.

8.2 Openoffice

The screenshot shows the OpenOffice Calc interface. The formula bar displays $=E_KF(B4;B7;B10)$. The spreadsheet contains a table of watch parameters under the heading 'Aufgabe 8'. A dialog box titled 'Arguments de la fonction' is open, showing the arguments for the 'pr_w' function: 'Mmax' (B6) = 12.24636729, 'Eta' (B5) = 0.7, 'Beta' (B5) = 0.8, 'F' (B3) = 5, and 'Ze' (Z1) = 21. The result is 1.79999918. To the right, technical specifications for a 'Mechanisches Handaufzugswerk' are listed, including 'Werldurchmesser 28mm', 'Frequenz f = 4 Hz', and 'Umgänge Federhaus N = 8'. Below this, a section titled 'Berechnen der folgenden Werte' lists tasks like 'Zähnezahl Sekundenrad' and 'Bestimmen der Dimension der Feder e₁'.

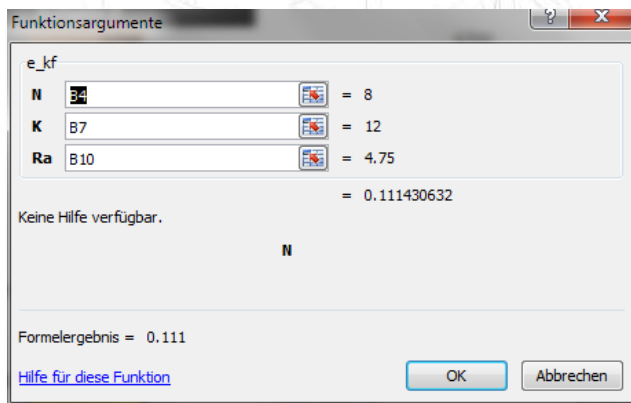
8.3 Eingabe der Formel

Im Feld B14 wird die e_{kf}() Formel verwendet.

Aufgabe 8	
ρ Räderwerk	5700
f Frequenz	4 Hz
N	8
β Feder	0.8
η Räderwerk	0.7
k	12
σ_{\max}	3500 N/mm ²
h Feder	1.6 mm
Ra Federhaus	4.75 mm
Z Ankerrad	20
Z Sekundenrad	84
e Feder	0.111 mm

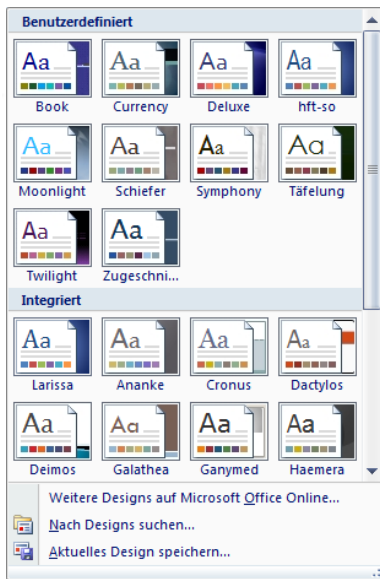
8.3.1 Formel Parameter

Die Formelparameter können durch einen Klick auf das Formelsymbol angezeigt werden. In diesem Fall N für Anzahl Umgänge des Federhauses, k für den Faktor k der Feder, Ra für Aussendurchmesser der Feder im Federhaus.



9 Dynamische Designs für Microsoft Office Dokumente

Die Excel Tabellen verwenden Standardlayouts. Sie können die Layouts ab Excel 2007 dynamisch anpassen. Das vordefinierte Layout heisst hft-so und verwendet Arial Narrow.



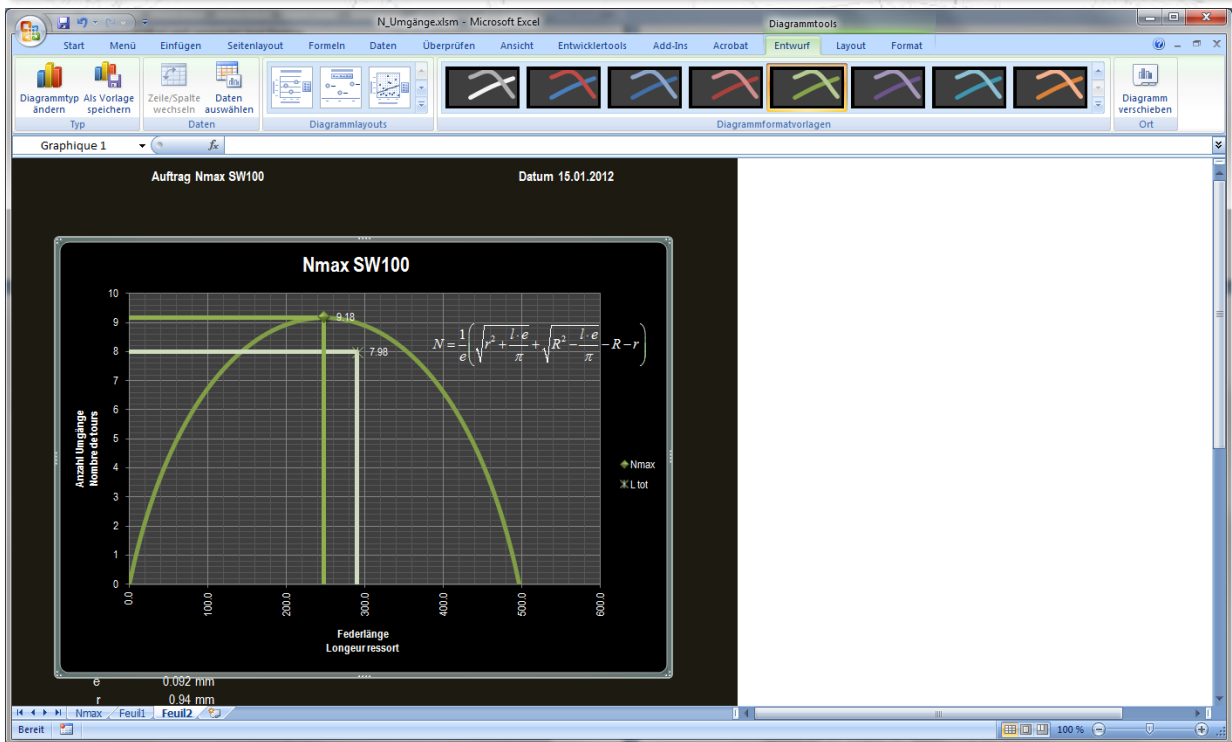
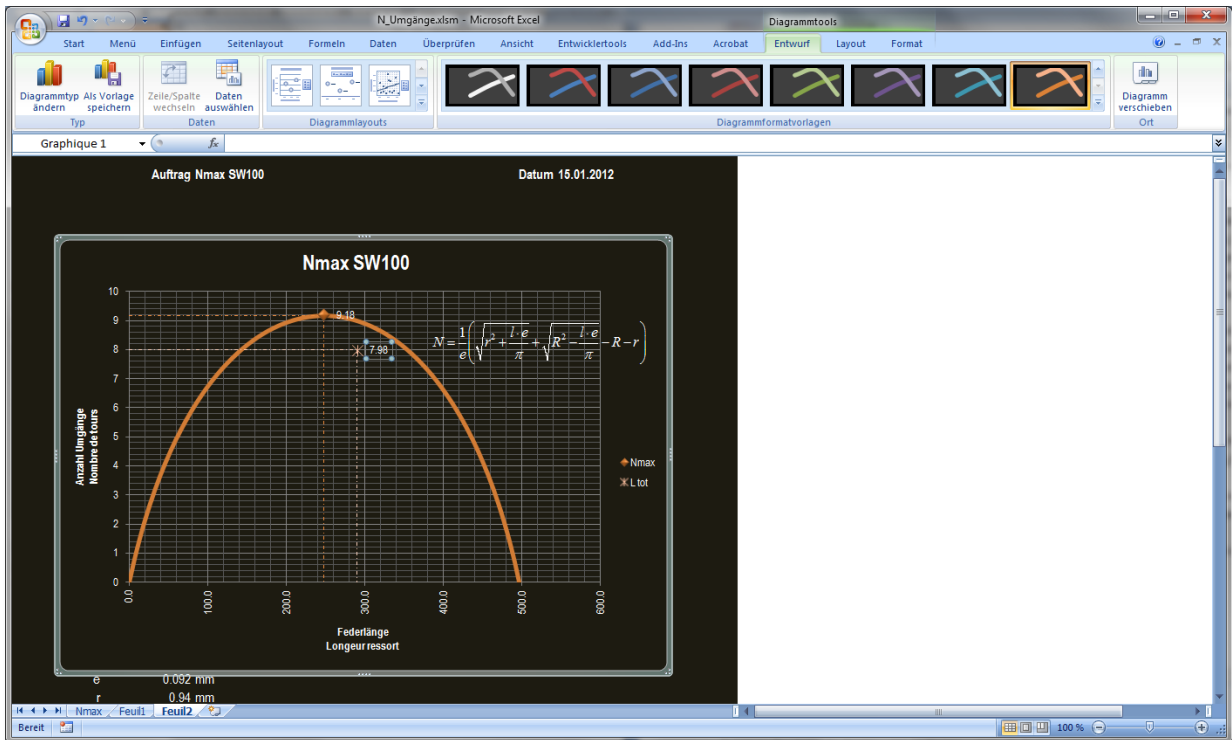
Die Microsoft Office Designs können dynamisch verändert werden.

Aufgabe 8		
p Räderwerk	5700	
f Frequenz	4 Hz	
N	8	
β Feder	0.8	
η Räderwerk	0.7	
k	12	
σ_{max}	3500 N/mm ²	
h Feder	1.6 mm	
Ra Federhaus	4.75 mm	
Z Ankerrad	20	
Z Sekundenrad	84	
e Feder	0.111 mm	e_kf(B4:B7:B10)
l Feder	292.850 mm	l_f(B10:B7*B12:B12)
M _{max} Feder	11.589 Nmm	mmax_f(B12:B9:B8)
Pr Ankerrad	1.431 μ W	pr_w(B14:B6:B5:B3:B11:B2)
I Unruh	9.565 mgcm ²	(Nivarox Tabelle 20.3 4Hz)
Q Unruh	205.834	($\eta=0.38, 20.3 4Hz$)
I Unruh	11.617 mgcm ²	(Q=250 $\eta=0.38$)

Aufgabe 8		
p Räderwerk	5700	
f Frequenz	4 Hz	
N	8	
β Feder	0.8	
η Räderwerk	0.7	
k	12	
σ_{max}	3500 N/mm ²	
h Feder	1.6 mm	
Ra Federhaus	4.75 mm	
Z Ankerrad	20	
Z Sekundenrad	84	
e Feder	0.111 mm	e_kf(B4:B7:B10)
l Feder	292.850 mm	l_f(B10:B7*B12:B12)
M _{max} Feder	11.589 Nmm	mmax_f(B12:B9:B8)
Pr Ankerrad	1.431 μ W	pr_w(B14:B6:B5:B3:B11:B2)
I Unruh	9.565 mgcm ²	(Nivarox Tabelle 20.3 4Hz)
Q Unruh	205.834	($\eta=0.38, 20.3 4Hz$)
I Unruh	11.617 mgcm ²	(Q=250 $\eta=0.38$)

9.1 Excel Grafiken dynamisch anpassen

Die Grafiken der Tabellen sind so aufgebaut, dass die Design dynamisch angepasst werden können.



10 VBA Listing

```
'Uhrenkonstruktion Formelsammlung als VBA Add-In Excel 2003 XP
'(C) K.Eisenegger
'für hft-so
Option Explicit
Public Const pi As Double = 3.14159265358979
```

10.1 Formeln für die Berechnung der Hertzischen Pressung

```
Function flfa_h(mmax As Double, zk2 As Double, rfed As Double, l1 As Double, l2
```



```
As Double, ltot As Double) As Double
    'Lagerkraft auf der Federhaustrommel
    flfa_h = (mmax * 1000 / rfed * l1 + zk2 * l2) / ltot
End Function
Function flfb_h(mmax As Double, zk2 As Double, rfed As Double, l1 As Double, l2
As Double, ltot As Double) As Double
    'Lagerkraft auf der Federhaustrommel
    flfb_h = (mmax * 1000 / rfed * (ltot - l1) + zk2 * (ltot - l2)) / ltot
End Function
'
Function fla_h(zk1 As Double, zk2 As Double, alpha As Double, lges As Double, l1
As Double, l2 As Double) As Double
    'Lagerkraft A in Bezug auf Winkel alpha und Höhen L1 L2 und Lges
    'alpha in rad
    fla_h = ((zk2 * Sin(alpha) * l2 / lges) ^ 2 + ((zk2 * Cos(pi - alpha) * l2 +
zk1 * l1) / lges) ^ 2) ^ 0.5
End Function
Function flb_h(zk1 As Double, zk2 As Double, alpha As Double, lges As Double, l1
As Double, l2 As Double) As Double
    'Lagerkraft B in Bezug auf Winkel alpha und Höhen L1 L2 und Lges
    'alpha in rad
    flb_h = ((zk2 * Sin(alpha) * (lges - l2) / lges) ^ 2 + ((zk2 * Cos(pi -
alpha) * (lges - l2) + zk1 * (lges - l1)) / lges) ^ 2) ^ 0.5
End Function
Function Phmax_h(fl As Double, s As Double, b As Double, h As Double, dl As
Double) As Double
    'Hertzsche Pressung PH max
    'fl in mN
    's in mm
    'b in mm
    'Phmax in N/mm2
    Phmax_h = 0.5642 * ((fl / 1000 * (s / 2)) / (b * h * (dl - s) / 2 * dl / 2))
^ 0.5
End Function
Function H_h(v1 As Double, E1 As Double, v2 As Double, E2 As Double) As Double
    'Faktor H für Hertzsche Pressung
    'E in N/mm2
    'v Poissonzahl
    H_h = (1 - v1 ^ 2) / E1 + (1 - v2 ^ 2) / E2
End Function
Function dl_h(fl As Double, s As Double, b As Double, h As Double, ph As Double)
As Double
    'Lagergeometrie mit gegebener Pressung
    'fl in mN
    'ph in N/mm2
    'dl = (0.5642 ^ 2 * (fl / 1000) / (b * H) ^ 2 * s / ph ^ 2 + s ^ 2 / 4) ^
0.5 + 1 / 2 * s
    dl_h = ((0.5642 ^ 2 * (fl / 1000) * 2 * s / (b * h * ph ^ 2)) + (s ^ 2 / 4))
^ 0.5 + s / 2
End Function
```

10.2 Formeln für die Berechnung der Energie auf dem Ankerrad

```
'
Function Mmax_f(e As Double, h As Double, smax As Double) As Double
    'Berechnet Mmax mit dem Federquerschnitt
    'smax in N/mm2 z.Bsp 3400N/mm2
    Mmax_f = (e ^ 2 * h) / 6 * smax
End Function
Function pr_w(mmax As Double, eta As Double, beta As Double, f As Double, ze As
Double, rho As Double) As Double
    'Berechnen der verfügbaren Energie auf dem Ankerrad
    'Pr in uW
    'Mmax in Nmm
    pr_w = mmax * 1000 * (2 * pi * eta * beta * f) / (ze * rho)
End Function
Function pr_iw(i As Double, Q As Double, n As Double, ampl As Double, f As
Double) As Double
    'Pr berechnet mit Trägheitsmoment I
    'I in mgcm2
    'ampl meistens 220°
    'Q Faktor zwischen 150 - 350
    'n Wirkungsgrad der Hemmung ca 0.4
    Dim w As Double, phi As Double
    w = 2 * pi * f
```

```

    phi = ampl / 360 * 2 * pi
    pr_iw = (i / 1000 * phi ^ 2 * w ^ 3) / (2 * Q * n)
End Function
Function Ibal(Q As Double, n As Double, pr As Double, ampl As Double, f As
Double) As Double
    'Trägheitsmoment vom Balancier mit Pr berechnet
    'pr in uW
    'Ibal in mgcm2
    'ampl meistens 220°
    'Q Faktor zwischen 150 - 350
    'n Wirkungsgrad der Hemmung ca 0.4
    Dim w As Double, phi As Double
    w = 2 * pi * f
    phi = ampl / 360 * 2 * pi
    Ibal = (2 * Q * n * pr * 1000) / (phi ^ 2 * w ^ 3)
End Function

```

10.3 Formeln für die Berechnung von Schwungmassen

```

Function G_a(wichte As Double, h As Double, Ra As Double, ri As Double) As
Double
    'Gewicht der Schwungmasse (Segment)
    'wichte in N/mm3
    G_a = wichte * pi / 2 * h * (Ra ^ 2 - ri ^ 2)
End Function
Function G_aseg(wichte As Double, R As Double, a As Double, b As Double) As
Double
    'Gewicht der Schwungmasse (Schrägsegment)
    'wichte in N/mm3
    G_aseg = wichte * pi / 2 * a * b * (R - 1 / 3 * b)
End Function
Function Mr_a(wichte As Double, h As Double, Ra As Double, ri As Double) As
Double
    'Kraftmoment der Schwungmasse (Segment)
    'wichte in N/mm3
    Mr_a = 2 / 3 * wichte * h * (Ra ^ 3 - ri ^ 3)
End Function
Function Mr_aseg(wichte As Double, R As Double, a As Double, b As Double) As
Double
    'Kraftmoment der Schwungmasse (Schrägsegment)
    'wichte in N/mm3
    Mr_aseg = wichte * a * b * (R ^ 2 - 2 / 3 * R * b + 1 / 6 * b ^ 2)
End Function
Function J_a(dichte As Double, h As Double, Ra As Double, ri As Double) As
Double
    'Trägheitsmoment der Schwungmasse (Segment)
    'dichte in g/mm3
    J_a = 0.25 * dichte * h * pi * (Ra ^ 4 - ri ^ 4)
End Function
Function J_aseg(dichte As Double, R As Double, a As Double, b As Double) As
Double
    'Trägheitsmoment der Schwungmasse (Schrägsegment)
    'dichte in g/mm3
    J_aseg = 0.25 * dichte * a * b * pi / 2 * (R ^ 3 - R ^ 2 * b + 0.5 * R * b ^
    2 - 0.1 * b ^ 3)
End Function
Function S_a(Mr As Double, g As Double) As Double
    'Schwerpunkt der Schwungmasse
    S_a = Mr / g
End Function
Function bw_a(mmax As Double, n As Double, s As Double, ge As Double, i As
Double) As Double
    'Bremswinkel für Schwungmassen
    'mmax Drehmoment Federhaus M0 oder M24
    'n Wirkungsgrad Räderwerk
    'i Rapport Räderwerk
    'g Gewicht der Schwungmasse
    bw_a = Application.Asin(mmax / (n * i * ge * s)) * 180 / pi
End Function

```

10.4 Allgemeine mathematische Formeln

```
' (Achtung bei Openoffice)
```



VBA Listing, Formeln für die Berechnung der Winkelhebelfeder

```
Function Arcsin(x As Double) As Double
' Alternative für Arc Sin innerhalb VBA
If x < 1 And x > -1 Then
    Arcsin = Atn(x / Sqr(-x * x + 1))
    ElseIf x = 1 Then
    Arcsin = 2 * Atn(1)
    ElseIf x = -1 Then
    Arcsin = -2 * Atn(1)
End If
End Function
Function asin_(x As Double) As Double
' Alternative für Arc Sin innerhalb VBA (nicht Openoffice)
asin_ = Application.Asin(x)
End Function
Function sqr_(x As Double) As Double
' Excel Funktion der Wurzel VBA (nicht Openoffice)
sqr_ = Application.Sqrt(x)
End Function
' Formeln für die Berechnung der Feder
Function Nmax_f(e As Double, Ra As Double, ri As Double) As Double
' Maximale Umdrehungszahl der Feder im Federhaus
Nmax_f = 1 / e * ((2 * (Ra ^ 2 + ri ^ 2)) ^ 0.5 - Ra - ri)
End Function
Function N_f(e As Double, Ra As Double, ri As Double, l As Double) As Double
' Umdrehungszahl der Feder im Federhaus
N_f = 1 / e * ((ri ^ 2 + l * e / pi) ^ 0.5 + (Ra ^ 2 - l * e / pi) ^ 0.5 - Ra - ri)
End Function
Function N_fd(D As Double, f As Double, ze As Integer, rho As Double) As Double
' Berechnet die Anzahl Umgänge vom Federhaus in Funktion von der Gangdauer d
N_fd = 3600 * D * f / (ze * rho)
End Function
Function l_f(Ra As Double, ri As Double, e As Double) As Double
' Berechnet die Länge der Feder
l_f = pi * (Ra ^ 2 - ri ^ 2) / (2 * e)
End Function
Function ltot_f(l As Double, ri As Double, e As Double)
' Berechnet die optimierte Länge der Feder (Nivaflex Feder)
ltot_f = l * (-0.006 * 2 * ri / e + 1.33)
End Function
Function e_kf(n As Double, k As Double, Ra As Double) As Double
' Berechnet die Dicke der Feder anhand von Faktor k
e_kf = Ra * (n + k - (2 * n ^ 2 + 4 * k * n) ^ 0.5) / (k ^ 2 - n ^ 2 - 2 * k * n)
End Function
Function e_rf(n As Double, Ra As Double, ri As Double) As Double
' Berechnet die Dicke der Feder mit dem Federkernradius
e_rf = 1 / n * ((2 * (Ra ^ 2 + ri ^ 2)) ^ 0.5 - Ra - ri)
End Function
```

10.5 Formeln für die Berechnung der Winkelhebelfeder

```
Function fl_w(f As Double, e As Double, b As Double, alpha As Double, h As Double, l As Double) As Double
' Berechnet die Auslenkung der Winkelhebelfeder
fl_w = 12 * f / (e * b * Tan(alpha) ^ 2) * (h / (2 * h * Tan(alpha) + 2 * l * Tan(alpha) ^ 2) + h * l / (2 * (h + l * Tan(alpha) ^ 2)) - 1 / (h + l * Tan(alpha)) + 1 / Tan(alpha) * Log(1 + l * Tan(alpha) / h) - 1 / (2 * Tan(alpha)))
End Function
Function f_w(fl As Double, e As Double, b As Double, alpha As Double, h As Double, l As Double) As Double
' Berechnet die Kraft F mit einer vorgegebenen Auslenkung
f_w = fl * e * b * Tan(alpha) ^ 2 / (12 * (h / (2 * h * Tan(alpha) + 2 * l * Tan(alpha) ^ 2) + h * l / (2 * (h + l * Tan(alpha) ^ 2)) - 1 / (h + l * Tan(alpha)) + 1 / Tan(alpha) * Log(1 + l * Tan(alpha) / h) - 1 / (2 * Tan(alpha))))
End Function
```

10.6 Formeln für die Berechnung der Spiralfeder

```

Function M_sp(Emodul As Double, Dicke As Double, Hoehe As Double, Laenge As
Double) As Double
  M_sp = Emodul * Dicke ^ 3 * Hoehe / (12 * Laenge)
End Function
Function I_bal(M_sp As Double, Frequenz As Double) As Double
  I_bal = M_sp / (4 * pi ^ 2 * Frequenz ^ 2) * 10000000
End Function
Function h_sp(I_bal As Double, Laenge As Double, Emodul As Double, Dicke As
Double, Frequenz As Double) As Double
  h_sp = I_bal * 4 * pi ^ 2 * Frequenz ^ 2 * 12 * Laenge / (Emodul * Dicke ^
3)
End Function
Function L_sp(Aussendurchmesser As Double, Innendurchmesser As Double, Windungen
As Double) As Double
  L_sp = pi * Windungen * (Aussendurchmesser + Innendurchmesser) / 2
End Function

```

10.7 Formeln für die Verpressung von Oringen

```

Function dg(d1 As Double, d2 As Double, a As Double, b As Double) As Double
  ' Berechnet die Dehnung eines Orings
  dg = d2 * ((2 * (d1 + d2)) / (a + b)) ^ 0.5
End Function
Function mm(mass As Double, tob As Double, tun As Double) As Double
  'Mittelmass
  mm = (mass + tob + mass + tun) / 2
End Function
Function mma(tob As Double, tun As Double) As Double
  'Mittentoleranz
  mma = (-tob + tun) / 2
End Function
Function comp(a As Double, b As Double, dg As Double) As Double
  'Verpressung vom oring in Prozent
  comp = (1 - (a - b) / (2 * dg)) * 100
End Function
Function nl(d2 As Double)
  'Nutlänge für Oring mir Durchmesser d2
  nl = 1.2 * d2
End Function

```

10.8 Formeln für Druckbelastung Glas und Gehäuseboden

```

Function d_g(Emodul As Double, e As Double, my As Double) As Double
  'my Poissonzahl Material
  d_g = (Emodul * e ^ 3) / (12 * (1 - my ^ 2))
End Function
Function fmax_b(p As Double, R As Double, D As Double) As Double
  'Verformung vom Gehäuseboden
  'p Druck
  fmax_b = (p * R ^ 4) / (64 * D)
End Function
Function fmax_g(my As Double, p As Double, R As Double, D As Double) As Double
  'Verformung vom Glas
  fmax_g = (5 + my) / (1 + my) * (p * R ^ 4) / (64 * D)
End Function
Function e_b(D As Double, bar As Double) As Double
  'Empirische Formel für die nötige Bodendicke bei Gehäusen
  e_b = 0.011 * D * (bar) ^ 0.5
End Function
Function f_z(g As Double, n As Double) As Double
  'Abscherkraft pro Zifferblattfuss
  f_z = 5000 * g * 9.81 / (1000 * n)
End Function

```

10.9 Formeln für die Berechnung des Durchmessers vom Federhaus

```

Function renc(m As Double, z1 As Double, z2 As Double, ha As Double, s As
Double) As Double

```



```
renc = m * (z1 + z2) / 2 + m / 2 * (z1 + ha) + s
End Function
Function mrenc(renc As Double, s As Double, z1 As Double, z2 As Double, ha As
Double) As Double
mrenc = 2 * (renc - s) / (2 * z1 + z2 + ha)
End Function
```

10.10 Formeln für die Lebensdauer und Ausfallwahrscheinlichkeit

```
Function Ry(lamda As Double, time As Double) As Double
'Reliability
'Ry = Exp(1) ^ (-lamda * time)
Ry = Exp(-lamda * time)
End Function
Function Fy(ta As Double, tb As Double, b As Double) As Double
'Ausfallverhalten mit b 0.5, 1 und 2
If b < 1 Then
'Fy = 1 - Exp(1) ^ -((ta / tb) ^ b)
Fy = 1 - Exp(-(ta / tb) ^ b)
Else
'Fy = 1 - Exp(1) ^ ((-ta / tb) ^ b)
Fy = 1 - Exp((-ta / tb) ^ b)
End If
End Function
Function aw(ta As Double, tb As Double, b As Double) As Double
'Ausfallwahrscheinlichkeit mit b 0.5, 1 und 2
If b < 1 Then
aw = 1 / tb * Exp(1) ^ -((ta / tb) ^ b)
Else
aw = 1 / tb * Exp(1) ^ ((-ta / tb) ^ b)
End If
End Function
Function wb(ta As Double, tb As Double, b As Double) As Double
'Weibull mit b 0.5, 1 und 2
wb = b / tb * (ta / tb) ^ (b - 1)
End Function
```