

## HRS-Modell: Bedienungsanleitung

Das HRS-Modell wurde innerhalb von MATLAB/Simulink programmiert. Für die Anwendung werden, neben MATLAB und Simulink, folgende Add-Ons benötigt:

- MATLAB Report Generator
- Simulink Report Generator
- MATLAB Coder
- Simulink Coder
- Optimization Toolbox
- MATLAB Support for MinGW-w64 C/C++/Fortran Compiler

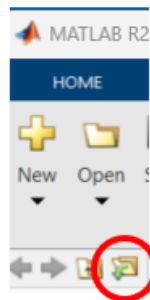
Diese sollten entsprechend der Herstellerangaben installiert werden. Grundkenntnisse von MATLAB und Simulink sind von Vorteil, werden aber für die Anwendung des Tools nicht benötigt. Als Grundlagenmaterial sind hierbei die Mathworks-Ressourcen „MATLAB Onramp“ und „Simulink Onramp“ zu empfehlen.

### Initiale Anwendung

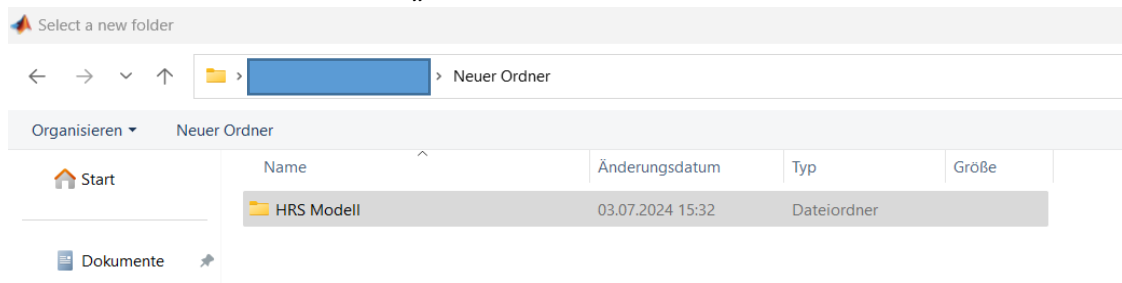
Bei der initialen Anwendung muss die heruntergeladene „HRS-Library“ in die Simulink Library Browser eingepflegt werden. Dies erfolgt über den MATLAB Editor:

1. Zunächst die Datei: „**slblocks.m**“ aus dem extrahierten Ordner → „**Library**“ in MATLAB öffnen. Hierbei kann die Datei entweder direkt über den Dateipfad geöffnet werden, oder über MATLAB.

- 1.1. Über MATLAB muss zunächst der Dateipfad geöffnet werden. Dies erfolgt über folgenden Button im linken Bereich des MATLAB-Fensters:



- 1.2. Im Fenster den Pfad zum Ordner „**HRS Modell**“ raussuchen:



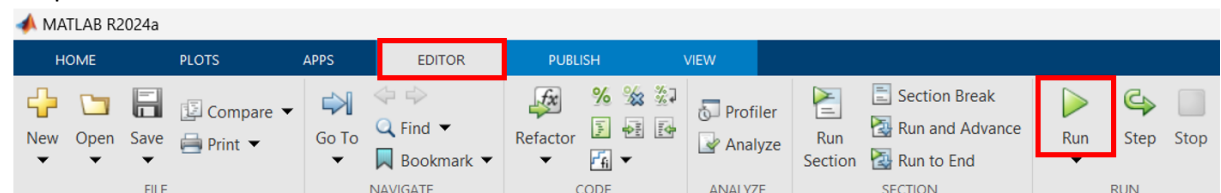
- 1.3. Unten Rechts auf „Ordner auswählen“ klicken. Links im MATLAB-Fenster erscheint im „**Current Folder**“ der Inhalt des ausgewählten Ordners. Im Ordner die Datei („**slblocks.m**“) finden und per Doppelklick oder Rechtsklick → „open“ öffnen.

Im MATLAB-Editor Fenster erscheint folgendes Skript:

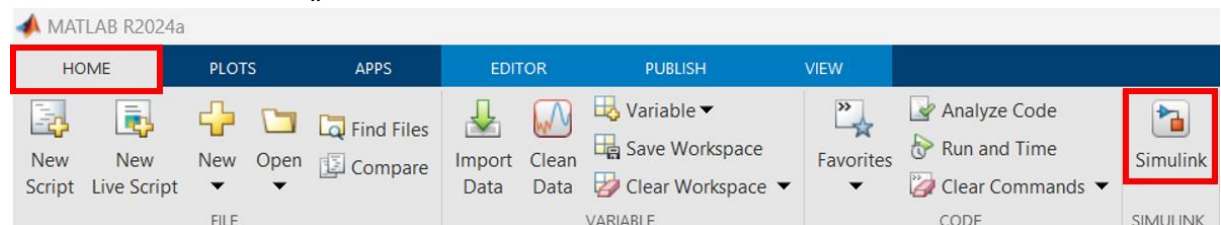


```
1 function blkStruct = slblocks
2
3     Browser.Library = 'HRS_Library';
4
5     Browser.Name = 'HRS Library';
6
7     blkStruct.Browser = Browser;
8 end
```

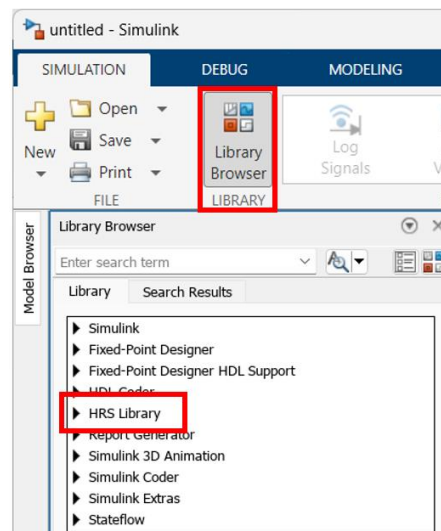
2. Das Skript einmal laufen lassen. Hierbei im oberen Reiter „Editor“ auswählen und über „Run“ das Skript starten:



3. Simulink über den Reiter „Home“ öffnen:



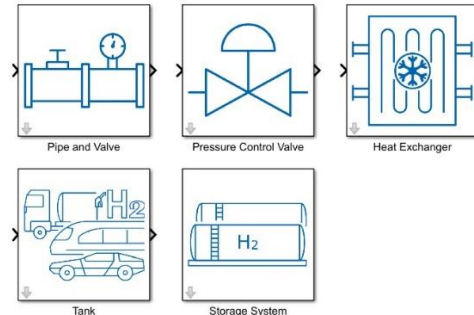
4. In Simulink „Blank Model“ auswählen und überprüfen ob im „Library Browser“ der Reiter „HRS Library“ erscheint:



## Anwendung

Die Simulation wird innerhalb der Programmieroberfläche von Simulink durchgeführt. Dafür wurden insgesamt fünf Blöcke zusammengestellt, welche die Komponenten einer HRS darstellen sollen. In dieser Version stehen die Bedienoberflächen nur in Englisch zur Verfügung. Diese sind einer eigenen Simulink-Bibliothek (Library) mit folgenden englischen Bezeichnungen hinterlegt:

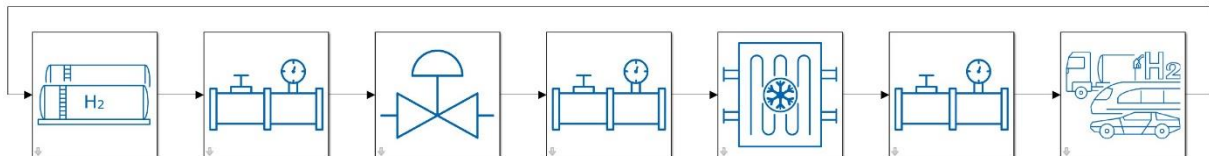
- Heat Exchanger
- Pipe and Valve
- Pressure Control Valve
- Storage System
- Tank



Für die Simulationskonfiguration müssen bestimmte Regeln eingehalten werden:

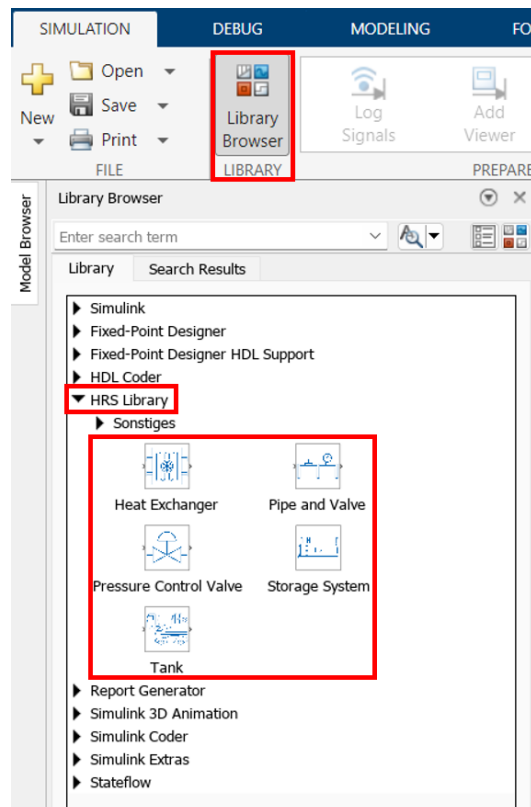
1. Innerhalb der Konfiguration muss jede Komponente mindestens einmal vorliegen
2. Innerhalb der Konfiguration dürfen die Komponenten „**Pressure Control Valve**“, „**Tank**“ und „**Storage System**“ nur einmal vorliegen
3. Anfang der Konfiguration ist der Block „**Storage System**“, welcher entsprechend 3.5 separat initialisiert werden muss
4. Ende der Konfiguration ist der „**Tank**“
5. Der Ausgang vom „**Tank**“ muss mit „**Storage System**“ verbunden sein

Die Grundprinzipien für die Zusammenstellung werden im Folgenden erklärt. Folgende Konfiguration wird empfohlen:



### 1. Einfügen von Komponenten

Beim Öffnen einer neuen Simulink Programmieroberfläche erfolgt der Zugriff auf die Komponenten über den Reiter „**Simulation**“ → „**Library Browser**“ → „**HRS Library**“



Per Drag & Drop können die Komponenten in die Programmoberfläche eingefügt werden. Alternativ kann per Doppelklick auf einem leeren Platz in der Programmieroberfläche ein Suchfenster geöffnet werden, über welche die Komponenten gesucht und eingefügt werden können.



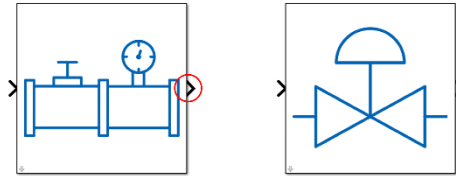
Per Doppelklick auf die gewünschte Komponente wird die Bedienoberfläche der Komponente geöffnet. In dieser können die Parameter der Komponenten angepasst werden.

## 2. Verbinden von Komponenten

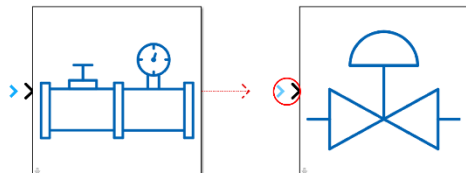
Eingefügt Komponenten können miteinander verschaltet werden. Grundsätzlich können Ein- und Ausgänge miteinander verbunden werden. Die Speicherbank muss separat initialisiert werden. Die Initialisierung wird in 3.1 erklärt.

Verbindung erstellen:

1. Ausgehende Pfeil des Blocks anklicken und entweder gedrückt halten oder loslassen:



- 1.1. Wird die linke Maustaste gedrückt gehalten erscheint ein rot gestrichelter Pfeil der über die Programmieroberfläche bewegt werden kann. Die Verbindung zum Eingang der Zielkomponente.



- 1.2. Wird die Maustaste losgelassen, erscheinen an den Eingängen aller Komponente blaue Pfeile. Durch Anklicken dieser Pfeile entsteht eine Verbindung zwischen den zwei ausgewählten Komponenten.

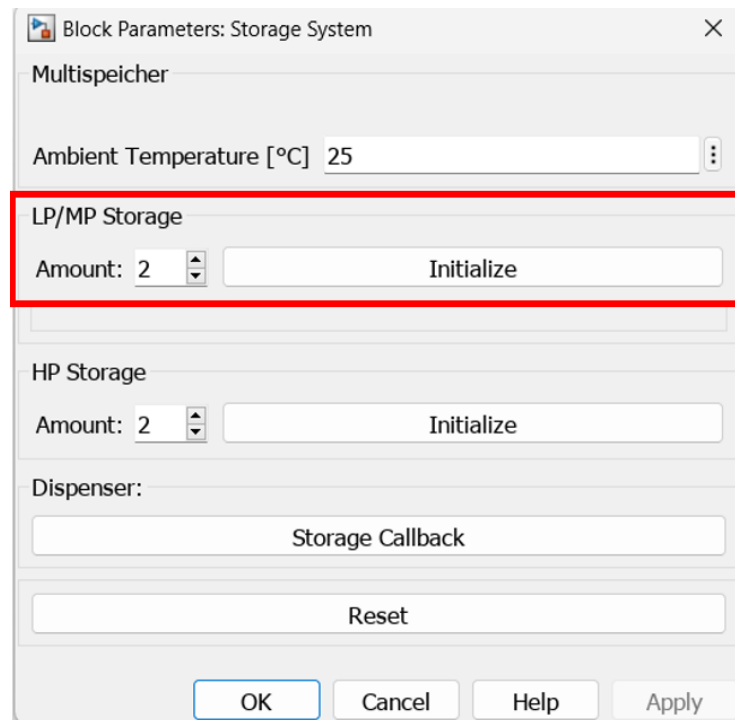
## 3. Einstellung der Komponenten

Bis auf den Druckregler können die Parameter der Komponenten angepasst werden. Durch Doppelklick auf die Komponente wird die Bedienoberfläche geöffnet. Die einzelnen Parameter werden im Folgenden erläutert.

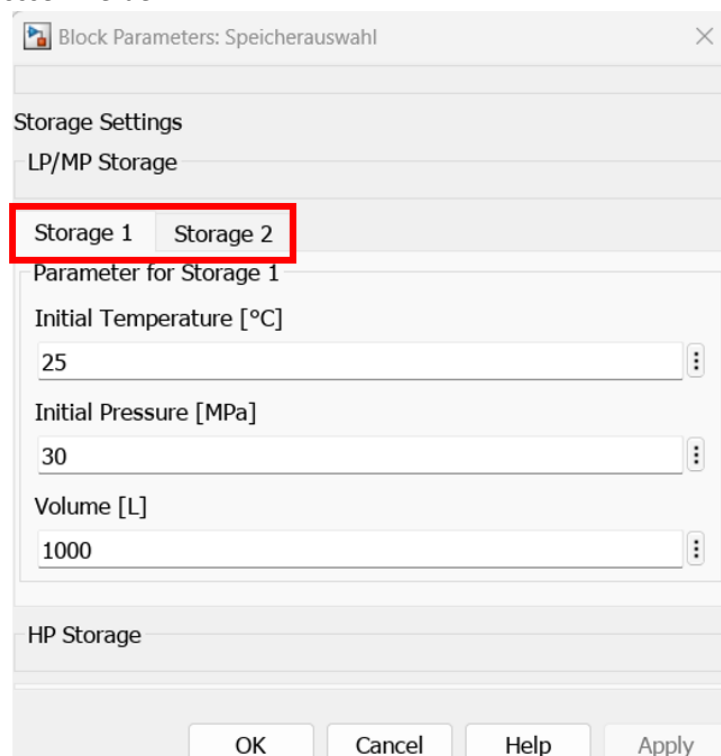
### 3.1. Speicherbank, engl. Storage System

Der „Storage System“-Block ist der einzige Block, der nach dem Einfügen keinen Ein- und Ausgang verfügt. Dafür muss der Block separat initialisiert werden. In der aktuellen Version kann die Initialisierung nur dann erfolgen, wenn mindesten ein Tank schon in die Programmieroberfläche eingefügt wurde. Zudem muss die Speicherbank aus mindestens zwei Speichern bestehen, einem Nieder- oder Mitteldruck- und einem Hochdruckspeicher. Die Einstellung der Speicherbank erfolgt in folgenden Schritten:

1. Anzahl an „**LP/MP Storages**“ festlegen und dann auf den dazugehörigen „**Initialize**“-Button klicken.



2. Es erscheint ein weiteres Fenster in dem die Speicherparameter festgelegt werden können. Bei mehreren Speichern, erscheinen zusätzliche Reiter für die Einstellung. Das Fenster kann nach der Einstellung geschlossen werden.



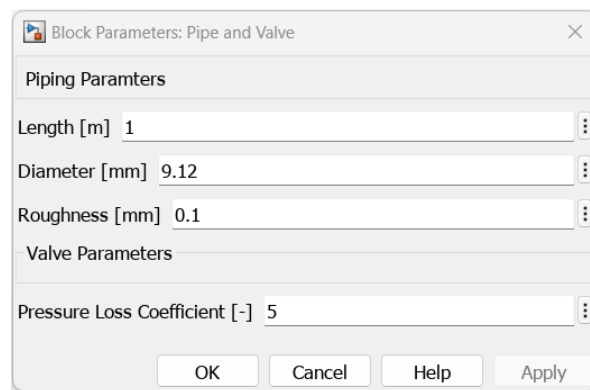
3. Anzahl an „**HP-Storage**“ festlegen und dann auf den zugehörigen „**Initialize**“-**Button** klicken. Das zuvor erschienene Fenster erscheint mit zusätzlichen Einstellparametern. Das Fenster kann nach der Einstellung geschlossen werden. Die Bedienoberfläche zur Einstellung der Speicherparameter kann durch den Button „**Storage Callback**“ wieder aufgerufen werden.

4. Nach Schritt 3 verfügt der „**Storage System**“-Block über Ein- und Ausgänge entsprechend der Anzahl an Tanks, die im System eingepflegt wurden. Der Eingang muss hierbei mit dem Ausgang eines jeweiligen Tanks verbunden sein.

Sollten die Anzahl der Speicher angepasst werden, muss der Block zunächst mit dem „**Reset**“-Button zurückgesetzt werden. Nach der Zurücksetzung die Schritte 1-4 wiederholen.

### 3.2. Rohr und Ventil, engl. Pipe and Valve

In der Bedienoberfläche des „**Pipe and Valve**“-Blocks kann die **Rohrlänge („Length“)** und -**durchmesser („Diameter“)**, sowie die zum Druckverlust beitragenden Parameter von **Rohr („Roughness“)** und **Ventil („Pressure Loss Coefficient“)** festgelegt werden.

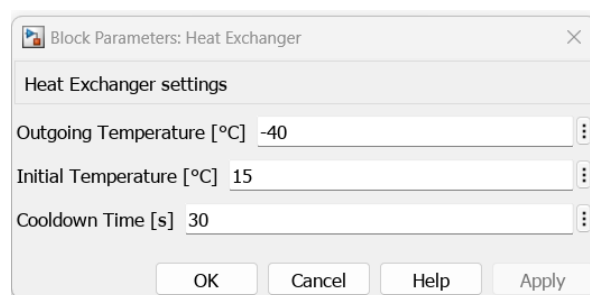


### 3.3. Druckregelventil, engl. Pressure Control Valve

In der aktuellen Version sind keine Eingaben in der Bedienoberfläche des Druckregelventils möglich.

### 3.4. Wärmetauscher, engl. Heat Exchanger

Im „**Heat Exchanger**“-Block wird die Abkühlung des eingehenden Wasserstoffes berechnet. Es wird zu dem die Abkühlung der Anlage beachtet. Die **Abkühlzeit („Cooldown Time“)**, ist die Zeit, innerhalb welcher der ausgehende Wasserstoff von der **Anfangstemperatur („Initial Temperature“)** auf die angegebene **Ausgangstemperatur („Outgoing Temperature“)** sinkt.

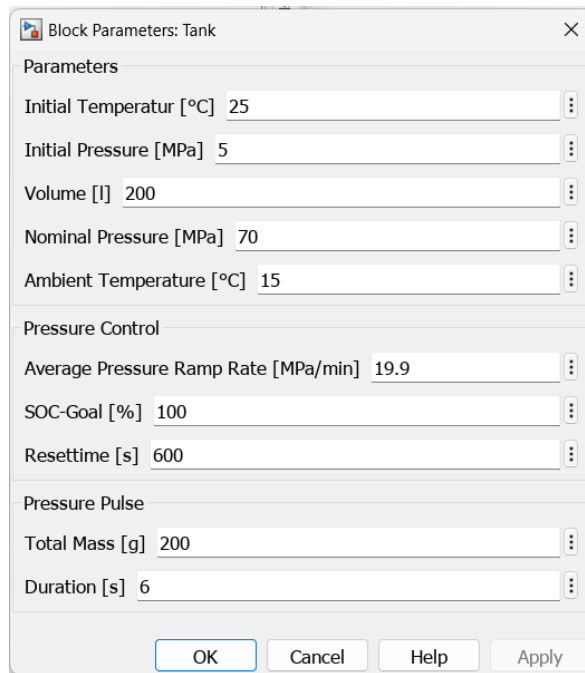


### 3.5. Tank

Der „**Tank**“ Block bildet den Fahrzeugspeicher ab, beinhaltet aber auch die Einstellungen für den Betankungsvorgang. Neben Volumen und dem Initialen Zustand des Speichers, muss auch der Nenndruck des Speichers und die Umgebungstemperatur vorgegeben werden.

In der aktuellen Version wird die Simulation auf Basis einer durchschnittlichen Druckrampenrate berechnet. „**SOC-Goal**“ ist der SOC-Wert bei denen die Betankung beendet wird. Sollen „**Back-to-Back**“-**Betankungen** durchgeführt werden, gibt „**Resettime**“ die Zeit zwischen den Betankungen an.

Auch der Druckstoß wird abgebildet, hierbei kann die totale Masse und die Dauer des Druckstosses angegeben werden.



Block Parameters: Tank

Parameters

Initial Temperatur [°C] 25

Initial Pressure [MPa] 5

Volume [l] 200

Nominal Pressure [MPa] 70

Ambient Temperature [°C] 15

Pressure Control

Average Pressure Ramp Rate [MPa/min] 19.9

SOC-Goal [%] 100

Resetime [s] 600

Pressure Pulse

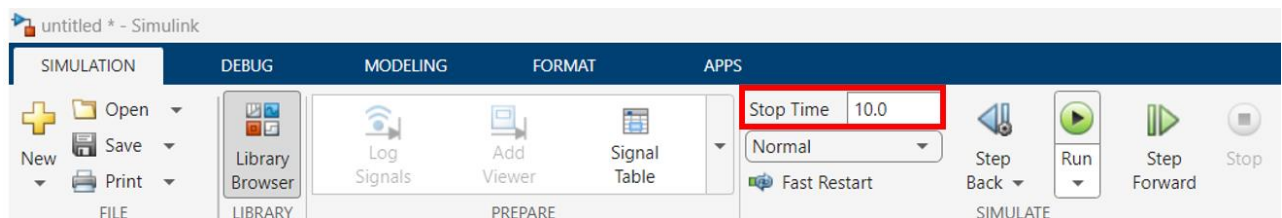
Total Mass [g] 200

Duration [s] 6

OK Cancel Help Apply

#### 4. Letzten Schritte

Vor Beginn der Simulation sollte eine Anpassung der Simulationszeit erfolgen. Dafür im oberen Reiter auf „**Simulation**“ und bei „**Stop Time**“ die gewünschte Simulationszeit in Sekunden angeben.



Mit „**Run**“ kann die Simulation gestartet werden.

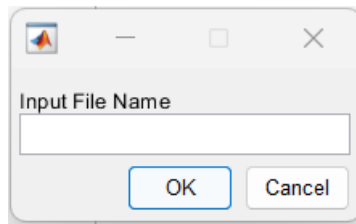
#### Auswertung der Ergebnisse

Am Ende der Simulation werden im MATLAB-Workspace die Ergebnisse der Simulation abgespeichert. Standardmäßig ist dieser ganz rechts im MATLAB-Fenster.

Workspace			
Name	Value	Size	Class
out	1x1 SimulationOutput	1x1	Simulink.SimulationOutput

Die Ergebnisse können direkt in MATLAB bearbeitet oder in eine „.xlsx“-Datei umgewandelt werden. Für die Umwandlung wird das Skript „**Simulation\_Excel\_Transfer.m**“ verwendet. Diese befindet sich auch im exportierten Ordner.

Nachdem das Skript geöffnet wurde, kann dieser über den „**Run**“-Button gestartet werden. Es folgt zunächst eine Abfrage nach dem Pfad, in welcher die Excel-Datei gespeichert werden soll. Nachdem der gewünschte Ordner ausgewählt wurde, kommt eine Abfrage nach dem gewünschten Dateinamen.



Hier den gewünschten Dateinamen eingeben und mit „**OK**“ bestätigen. Nachdem das Skript durchgelaufen ist, erscheint im angegebenen Pfad die Datei.