

Lineare Planungsrechnung mit dem Solver

Der Solver ist ein vielseitiges und leistungsfähiges Werkzeug von OpenOffice.org Calc zur Lösung multivariabler Problemstellungen. Eine typische Anwendung ist die Planung des Einsatzes von Arbeitsmitteln zur Erzielung eines größtmöglichen Betriebsergebnisses. Anhand konkreter Beispiele werden die Einsatzmöglichkeiten und die Bedienung vorgestellt. Mit der Tabellenkalkulation werden Optimierungsaufgaben des Operations Research auch für Nichtmathematiker zum Kinderspiel.

von Stefan Weigel

Mit der Planungsrechnung stellt das Operations Research [1] dem betriebswissenschaftlichen Controller mathematische Verfahren zur Lösung unternehmerischer Optimierungsaufgaben und Entscheidungsprozesse zur Verfügung. Insbesondere Logistiker und Produktionsplaner bedienen sich dieser Methoden. Die betrieblichen Zusammenhänge werden dabei in einem System von mathematischen Gleichungen abgebildet. Häufig beschränkt man sich auf lineare Modelle, wofür es schematisierte Lösungsverfahren gibt, wie zum Beispiel die Simplexmethode [2]. Der Solver in der Tabellenkalkulation OpenOffice.org Calc vereinfacht die Optimierungsarbeit. Die erforderlichen Mathematikkenntnisse werden auf ein Minimum reduziert und die Berechnung der Lösung erfolgt in einem Sekundenbruchteil. Der Anwender kann sich ganz auf die Abhängigkeiten seines Produktions- oder Logistikprozesses konzentrieren und muss diese lediglich mit einfachen Tabellenformeln auf schlüssige Weise im Kalkulationsblatt darstellen. Darin gibt es eine Ergebniszelle, deren Wert durch Formeln von mehreren Eingangsgrößen abhängig ist. Zusätzlich können Randbedingungen formuliert sein. Die Werte

der variablen Eingangsgrößen sind nun so einzustellen, dass sich für die Zielgröße ein Minimum, ein Maximum oder ein vorgegebener Zielwert ergibt. Diese Optimierung übernimmt der Solver.

Deckungsbeitragsmaximierung im Frühstücksrestaurant

Abbildung 1 zeigt das bewusst wenig komplexe Beispiel eines Restaurants. Zum Frühstück werden zwei verschiedene Gerichte zusammengestellt. Das große Frühstück besteht aus drei Brötchen, einem Ei und zwei Tassen Kaffee. Der Deckungsbeitrag je Portion beträgt 5,50 €. Das kleine Frühstück beinhaltet zwei Brötchen und eine Tasse Kaffee

und erbringt einen Deckungsbeitrag von 3,00 €. Die Vorräte in der Küche reichen für 220 Brötchen, 50 Eier und 120 Tassen Kaffee. Die Verkaufsmengen sind beispielhaft mit jeweils 5 Portionen eingetragen (grün). Über einfache Formeln errechnet sich daraus der Gesamtdeckungsbeitrag in der Zelle G7 (rot) zu 42,50 €. Die Aufgabe ist nun, als optimales Produktionsprogramm die Mengenkombination für Frühstück A und Frühstück B zu finden, die unter Berücksichtigung der begrenzten Vorräte den maximalen Deckungsbeitrag ergibt. Damit auf die Begrenzung durch die Vorräte geachtet werden kann, muss der Verbrauch an Brötchen, Eiern und Kaffee errechnet

Abb. 1: Kalkulation des Frühstücks

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Frühstück	Brötchen	Eier	Kaffee	DB	Mengen	DB-Summe
3	A	3	1	2	5,50 €	5	27,50 €
4	B	2	0	1	3,00 €	5	15,00 €
5						Summe	42,50 €
6	Vorräte	220	50	120			
7							
8	Verbrauch						
9	A	15	5	10			
10	B	10	0	5			
11	Summe	25	5	15			

Abb. 2: Ergebnis der manuellen Lösung

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	Frühstück	Brötchen	Eier	Kaffee	DB	Mengen	DB-Summe
3	A	3	1	2	5,50 €	50	275,00 €
4	B	2	0	1	3,00 €	20	60,00 €
5						Summe	335,00 €
6	Vorräte	220	50	120			
7							
8	Verbrauch						
9	A	150	50	100			
10	B	40	0	20			
11	Summe	190	50	120			



Abb. 3: Solver-Dialog

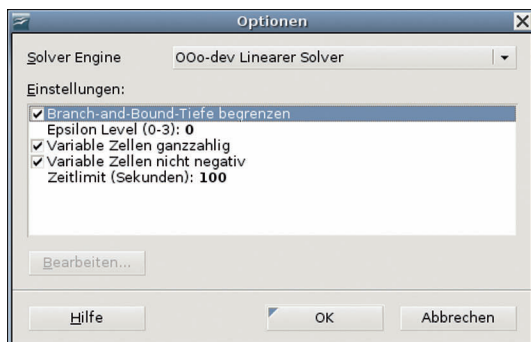


Abb. 4: Solver-Optionen

werden. Dies geschieht im Zellbereich B9 bis D11 durch Multiplikation der Verkaufsmengen mit den Mengen je Portion aus dem Menü.

Manuelle Lösung durch Probieren

Ohne Solver und ohne mathematische Kenntnisse des Operations Research kann man nur manuell probieren, das deckungsbeitragsmaximale Produktionsprogramm zu finden. Ausgehend von Null wird man versuchen, die Verkaufsmengen der Gerichte zu steigern, bis die Vorräte erschöpft sind. Das ist kein trivialer Job. Mit welchem Frühstück soll man beginnen? Es erscheint sinnvoll, bevorzugt das Frühstück zu disponieren, das den höchsten Deckungsbeitrag je Portion ergibt. Daher legen wir für Frühstück A eine Menge von 50 fest. Mehr geht nicht, denn damit sind die Vorräte an Eiern aufgebraucht. Mit den verbleibenden Vorräten lassen sich noch 20 Portionen des kleinen Frühstücks B zubereiten. Dann ist der Kaffee völlig aufgebraucht.

Ist das nun das deckungsbeitragsmaximale Frühstücksprogramm? Nein. Wie sich zeigt, kann man durch eine Reduzierung der Menge von Frühstück A um eine Portion zwei zusätzliche Porti-

onen von Frühstück B zusammenstellen. Denn ein Frühstück A verbraucht 2 Tassen des knappen Kaffees. Man opfert dabei einen Deckungsbeitrag von 5,50 € und gewinnt einen Deckungsbeitrag von 6,00 €. Das Optimum wurde also durch das manuelle Probieren noch nicht erreicht. Schon dieses stark vereinfachte Beispiel zeigt, wie schwieriges sein kann, das tatsächliche Maximum zu finden. Hier kommt der Solver zum Einsatz.

Der Solver findet das optimale Produktionsprogramm

Der Solver-Dialog wird über EXTRAS | SOLVER aufgerufen. Darin wird die Optimierungsaufgabe definiert, basierend auf dem Kalkulationsmodell im Tabellenblatt. Abbildung 3 zeigt die erforderlichen Einstellungen für das Frühstücksproblem. Die Zellbezüge werden am einfachsten eingetragen, indem man die betreffenden Zellen im Hintergrund des geöffneten Dialogfelds mit der Maus anklickt oder markiert. Primär ist anzugeben, in welcher Zelle sich die Zielgröße befindet und welches die für die Optimierung zu verändernden Eingangsgrößen sind. Unsere Zielzelle ist G5, die den Gesamtdeckungsbeitrag errechnet. Die veränderbaren Zellen sind der Bereich F3

bis F4, also die Anzahl der Portionen von Frühstück A und B. Unser Beispiel hat zusätzlich drei Nebenbedingungen. Die verbrauchten Mengen an Brötchen, Eiern und Kaffee dürfen die Vorräte nicht überschreiten. Das heißt, die Werte in B11, C11 und D11 müssen stets kleiner oder gleich den jeweils korrespondierenden Grenzen in B6, C6 oder D6 sein.

Grundsätzlich ist das Modell für den Solver nun formuliert. Wichtig ist dennoch die Festlegung einiger Optionen, die in einem eigenen Dialog eingestellt werden. Dort bestimmen wir, dass die Eingangsgrößen ganzzahlig sein müssen und nicht negativ sein dürfen.

Mit der Schaltfläche LÖSEN wird der Solver gestartet. Der maximal erreichbare Deckungsbeitrag im Frühstücksbeispiel beträgt 350,00 €, wenn 20 Portionen des großen und 80 Portionen des kleinen Frühstücks verkauft werden. Das tatsächliche Maximum befindet sich also weit ab von der oben intuitiv-manuell gefundenen Lösung. Auch wenn 30 Eier übrig bleiben, schlägt der Solver dem Küchenchef einen deutlich wirtschaftlicheren Einsatz seiner Ressourcen vor.

Offen für Spezialanwendungen

Die Praxis des Produktionscontrollings besteht freilich aus komplexeren Problemstellungen. Sie alle lassen sich auf dieselbe Weise mit dem Solver lösen, wenn im Tabellenblatt eine Zielgröße in Abhängigkeit von mehreren Eingangsgrößen berechnet wird. Der in OpenOffice.org standardmäßig enthaltene Solver arbeitet nach einem Algorithmus, der nur für lineare Modelle geeignet ist. Damit werden die meisten Anwendungsfälle abgedeckt. Der Optionen-Dialog des Solvers enthält aber auch ein Feld, in dem die Solver Engine ausgewählt werden kann. Weitere Solver Engines könnten als OpenOffice.org-Extension [3] installiert werden. So könnten unter derselben Bedieneroberfläche unterschiedliche Lösungsalgorithmen zur Auswahl stehen. Extensions können grundsätzlich von jedem Programmierer erstellt werden. Unternehmen mit speziellen Anforderungen an den Optimierungsalgorithmus können sich individuelle Engines programmieren lassen. Dabei muss nur der Kern der

Rechenaufgabe als Software entwickelt werden. Die oft aufwändigere Erstellung des Benutzerinterfaces entfällt und ist mit OpenOffice.org bereits als ein den Anwendern gewohntes Werkzeug vorhanden. Die standardisierte Handhabung von OpenOffice.org-Extensions gewährleistet eine rationelle Installation und Administration.

Anwendung in der industriellen Produktion

Ein reales Beispiel aus der Beratungspraxis für ein industriell produzierendes Maschinenbauunternehmen zeigt Abbildung 6. In Werkstättenfertigung sind vier verschiedene Produkte (P1 bis P4) auf drei unterschiedlichen Bearbeitungsmaschinen, zum Beispiel Bohren, Drehen, Fräsen (M1 bis M3) herzustellen. Für die betrachtete Produktionsperiode stehen die Anlagen mit einer freien Kapazität von 10 000, 5 000 bzw. 4 000 Minuten zur Verfügung. Im Abschnitt *Belegung* ist die Kapazitätsbelastung für die Herstellung von jeweils einem Stück der vier Produkte angegeben. Die Einzeldeckungsbeiträge pro Stück jedes Produkts werden in der Spalte G summiert und ergeben die Zielgröße des Gesamtdeckungsbeitrags (rot). Gesucht ist das optimale Produktionsprogramm, also die Mengenkombination (grün) an herzustellenden Stückzahlen der Produkte P1 bis P4, das unter Berücksichtigung der Maschinenkapazitäten zum größtmöglichen Deckungsbeitrag führt. Das Problem wird zusätzlich durch die Forderung erschwert, dass das Produkt 2 mindestens in doppelter Menge von Produkt 1 gefertigt werden soll.

Im Solver-Dialog werden die Zielzelle und die veränderbaren Eingangsgrößen eingetragen. Nebenbedingungen sind zum einen die Kapazitätsbeschränkungen in Zeile 8, die von den korrespondierenden Werten in Zeile 15 nicht überschritten werden dürfen, zum anderen wird mit der Nebenbedingung $H3 \leq F4$ die besondere Forderung für die Menge 2 in Abhängigkeit der Menge 1 berücksichtigt. Hierzu wurde im Kalkulationsblatt in der Spalte *Spezial* in einer Hilfszelle mit einer einfachen Formel das Doppelte der Produktionsmenge von P1 gebildet.

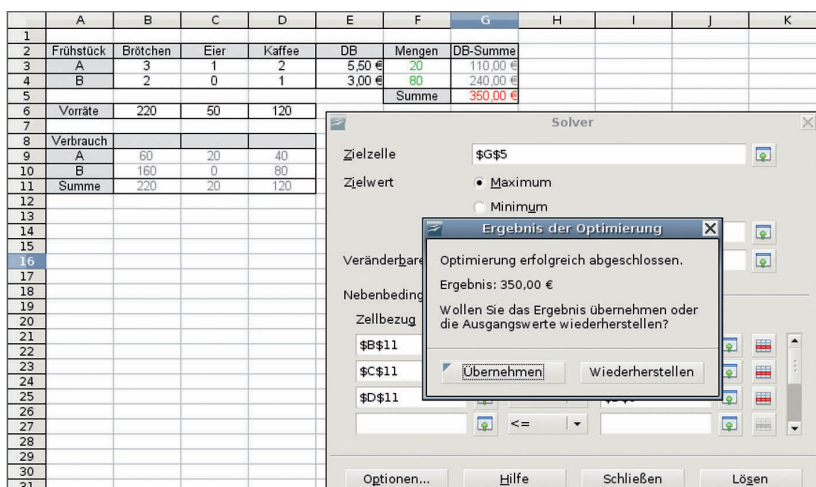


Abb. 5: Lösung des Solvers

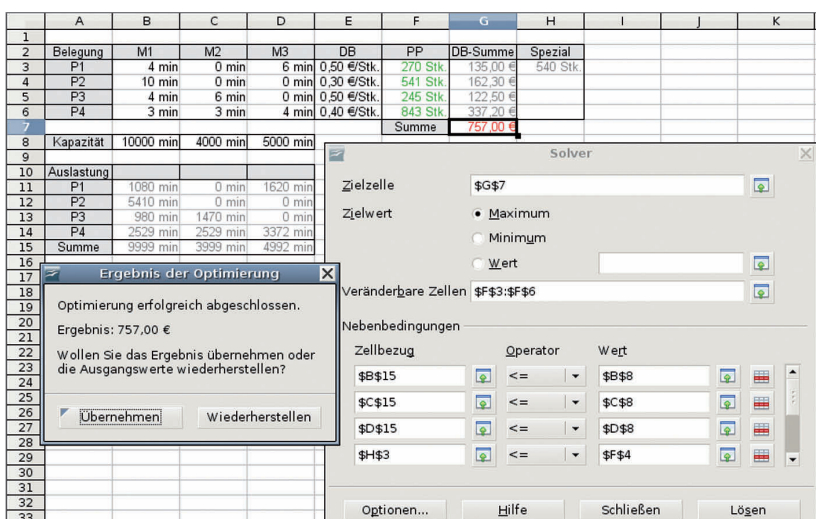


Abb. 6: Deckungsbeitragsmaximales Produktionsprogramm

Kritik

Bei aller Begeisterung für Modelle und Verfahren des Operations Research darf der Blick für den Gesamtzusammenhang nicht verloren gehen. Was hilft es, seine Produktionskapazitäten scheinbar optimal ausgelastet zu haben, wenn die nur im Blick auf die eigenen Möglichkeiten ermittelten Produktionsmengen oder Mengenkombinationen vom Markt so nicht abgenommen werden? Vertieft in mathematische Methoden besteht leicht die Gefahr, dass man sich allzu theoretisch mit sich selbst befasst. Auch in diesem Sinne ist der Solver eine Hilfe, weil eine sehr theoretische Abstraktion nicht mehr erforderlich ist. Das Calc-Tabellenblatt bildet das Betriebsgeschehen wesentlich realer ab als ein algebraisches Gleichungssystem. So ist es auch leichter, den Blick für das tatsächliche wirtschaftliche Geschehen zu erhalten.

Investigation mit dem Solver

Die vielseitige Verwendbarkeit des Solvers demonstriert das nächste Beispiel, bei dem es nicht tatsächlich um ein Optimierungsproblem geht. Hier gilt es nachträglich zu ermitteln, mit welchem Eingangsergebnis erreicht werden konnte. Beim Wareneingang eines Betonwerks sind Wiegescheine verloren gegangen. Geliefert wurden insgesamt 142 Tonnen Mischgut, davon 14 Tonnen Spezialgut à 30,00 €. Außerdem eine unbekannte Menge Kies zu 18,00 € je Tonne und eine unbekannte Menge Sand zu 12,00 € je Tonne. Der Gesamtwert aller Lieferungen beträgt 2280 €. Die Aufgabe ist es, die Mengen des gelieferten Sands und Kieses zu rekonstruieren. Neben dem klassischen Ansatz, nun mehrere Gleichungen mit mehreren Unbekannten aufzustellen und diese alge-

braisch zu lösen, bietet OpenOffice.org Calc mit dem Solver eine mehr visuelle Lösungsmethode. Abbildung 7 zeigt die einfache Wiedergabe der in der Aufgabe beschriebenen Situation in einem

Tabellenblatt. Über Formeln werden der Gesamtwert und die Gesamtmenge der Lieferungen errechnet. Die unbekannt Mengen für Sand und Kies betragen 0. Die Zielzelle für den Solver

ist D5 mit dem Gesamtwert der Lieferungen. In diesem Fall ist nicht ein Minimum oder Maximum herzustellen, sondern der vorbestimmte Zielwert 2280 zu erreichen. Die für die Lösung veränderbaren Zellen sind C2 und C3 mit den zu ermittelnden Mengen. Einzige Nebenbedingung ist, dass sich die Summe der angelieferten Menge in C5 zu 142 Tonnen ergeben muss.

	A	B	C	D	E	F	G
1		Preis	Tonnen	Betrag			
2	Sand	12,00 €	?	0,00 €			
3	Kies	18,00 €	?	0,00 €			
4	Spezial	30,00 €	14	420,00 €			
5	Summe		14	420,00 €			
6							
7							

Abb. 7: Wareneingang im Betonwerk

Abb. 8: Der Solver hat die unbekannt Mengen ermittelt

Spezielle Solver-Optionen

Der Optionen-Dialog für die Engine des Linearen Solvers enthält drei besondere Einstellungen:

- Die Einstellung eines Zeitlimits begrenzt die Laufzeit des Solvers bei ungünstigen oder unlösbaren Aufgabenstellungen.
- Branch-and-Bound (Verzweigung und Schranke) ist ein Begriff aus dem Operations Research für Algorithmen, die versuchen, durch Verzweigung in Entscheidungsbäumen eine optimale Lösung zu finden. Durch die standardmäßig aktivierte Begrenzung der Branch-and-Bound-Tiefe wird der Durchlauf des Algorithmus bei ungünstigen oder unlösbaren Aufgabenstellungen abgebrochen.
- Der Epsilon Level ist ein Maß für die Empfindlichkeit und Genauigkeit des iterativen Algorithmus des Solvers. Die interne Solver Engine *lp.solve* [4] besitzt sechs Parameter, die offenbar in Anlehnung an die Epsilontik [5] mit Epsilon bezeichnet werden. Beispielsweise bestimmt epsel eine Toleranz, innerhalb der eine sehr kleine Zahl als der genaue Wert o (Null) angenommen werden soll. Aufgrund der internen Zahlendarstellung in digitalen Rechenmaschinen ergeben sich für eigentlich glatte Resultate manchmal unrunde Zahlen mit Abweichungen an der x-ten Stelle hinter dem Komma. Diese Ungenauigkeiten können den iterativen Algorithmus stören, wenn dieser allzu empfindlich eingestellt ist. Die genannten Parameter sind an der Oberfläche von OpenOffice.org Calc nicht verfügbar. *lp.solve* verfügt alternativ zu den sechs einzelnen Epsilon-Parametern über eine vereinfachte Möglichkeit, die Epsilon-Empfindlichkeit zu steuern. Der Parameter Epsilon-Level (*epslevel*) bietet vier Stufen, durch die die sechs Einzelparameter auf nicht näher spezifizierte Werte eingestellt werden. Es ist lediglich spezifiziert, dass der Epsilon-Level 0 (default) für die strengste Einstellung der Grenzwerte steht und dass die Werte 1, 2 und 3 für mittlere, lockere und sehr lockere Epsilon-Werte stehen.

Fazit

Der Solver ist ein vielseitiges und leistungsfähiges Werkzeug für Planer und Controller. Er ersetzt oder vereinfacht mathematisch oft aufwändige Verfahren zur Lösung multivariabler Problemstellungen. Er setzt auf einer schlüssigen Abbildung der Situation in einer einfachen Kalkulationstabelle auf und verlangt so vom Anwender keine besondere mathematische Abstraktion. OpenOffice.org sieht die Einbindung alternativer Solver Engines vor, die als Extension geladen und unter derselben Oberfläche bedient werden können. ■



Stefan Weigel ist ehrenamtlicher Mitarbeiter im Marketing und Support des deutschsprachigen Projekts von OpenOffice.org. Als Gründer der gemeinnützigen Initiative „Bildungskreis für Freie Software“ veranstaltet er regelmäßige Treffen und Schulungen zu FOSS in Niederbayern. Hauptberuflich ist der ausgebildete Nachrichtentechnik- und Wirtschaftsingenieur als Berater und Dozent im Bereich Logistik/Produktionswirtschaft und Office tätig.

Links & Literatur

- [1] Operations Research: http://de.wikipedia.org/wiki/Operations_Research
- [2] Simplexmethode: <http://de.wikipedia.org/wiki/Simplex-Verfahren>
- [3] Extensions: <http://wiki.services.openoffice.org/wiki/Extensions>
- [4] *lp.solve*: <http://lpsolve.sourceforge.net>
- [5] Epsilontik: <http://de.wikipedia.org/wiki/Epsilontik>
- [6] Müller-Merbach: Operations Research, Verlag Franz Vahlen GmbH, München, 3. Auflage 1973

Dieser Artikel steht unter Lizenz Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland



(<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/deed.de>)

Lizenz

DER GEGENSTAND DIESER LIZENZ (WIE UNTER "SCHUTZGEGENSTAND" DEFINIERT) WIRD UNTER DEN BEDINGUNGEN DIESER CREATIVE COMMONS PUBLIC LICENSE ("CCPL", "LIZENZ" ODER "LIZENZVERTRAG") ZUR VERFÜGUNG GESTELLT. DER SCHUTZGEGENSTAND IST DURCH DAS URHEBERRECHT UND/ODER ANDERE GESETZE GESCHÜTZT. JEDE FORM DER NUTZUNG DES SCHUTZGEGENSTANDES, DIE NICHT AUFGRUND DIESER LIZENZ ODER DURCH GESETZE GESTATTET IST, IST UNZULÄSSIG.

DURCH DIE AUSÜBUNG EINES DURCH DIESE LIZENZ GEWÄHRTEN RECHTS AN DEM SCHUTZGEGENSTAND ERKLÄREN SIE SICH MIT DEN LIZENZBEDINGUNGEN RECHTSVERBINDLICH EINVERSTANDEN. SOWEIT DIESE LIZENZ ALS LIZENZVERTRAG ANZUSEHEN IST, GEWÄHRT IHNEN DER LIZENZGEBER DIE IN DER LIZENZ GENANNTE RECHTE UNENTGELTLICH UND IM AUSTAUSCH DAFÜR, DASS SIE DAS GEBUNDENSEIN AN DIE LIZENZBEDINGUNGEN AKZEPTIEREN.

1. Definitionen

- a. Der Begriff "**Abwandlung**" im Sinne dieser Lizenz bezeichnet das Ergebnis jeglicher Art von Veränderung des Schutzgegenstandes, solange die eigenpersönlichen Züge des Schutzgegenstandes darin nicht verblasen und daran eigene Schutzrechte entstehen. Das kann insbesondere eine Bearbeitung, Umgestaltung, Änderung, Anpassung, Übersetzung oder Heranziehung des Schutzgegenstandes zur Vertonung von Laufbildern sein. Nicht als Abwandlung des Schutzgegenstandes gelten seine Aufnahme in eine Sammlung oder ein Sammelwerk und die freie Benutzung des Schutzgegenstandes.
- b. Der Begriff "**Sammelwerk**" im Sinne dieser Lizenz meint eine Zusammenstellung von literarischen, künstlerischen oder wissenschaftlichen Inhalten, sofern diese Zusammenstellung aufgrund von Auswahl und Anordnung der darin enthaltenen selbständigen Elemente eine geistige Schöpfung darstellt, unabhängig davon, ob die Elemente systematisch oder methodisch angelegt und dadurch einzeln zugänglich sind oder nicht.
- c. "**Verbreiten**" im Sinne dieser Lizenz bedeutet, den Schutzgegenstand im Original oder in Form von Vervielfältigungsstücken, mithin in körperlich fixierter Form der Öffentlichkeit anzubieten oder in Verkehr zu bringen.
- d. Der "**Lizenzgeber**" im Sinne dieser Lizenz ist diejenige natürliche oder juristische Person oder Gruppe, die den Schutzgegenstand unter den Bedingungen dieser Lizenz anbietet und insoweit als Rechteinhaberin auftritt.
- e. "**Rechteinhaber**" im Sinne dieser Lizenz ist der Urheber des Schutzgegenstandes oder jede andere natürliche oder juristische Person oder Gruppe von Personen, die am Schutzgegenstand ein Immaterialgüterrecht erlangt hat, welches die in Abschnitt 3 genannten Handlungen erfasst und bei dem eine Einräumung von Nutzungsrechten oder eine Weiterübertragung an Dritte möglich ist.
- f. Der Begriff "**Schutzgegenstand**" bezeichnet in dieser Lizenz den literarischen, künstlerischen oder wissenschaftlichen Inhalt, der unter den Bedingungen dieser Lizenz angeboten wird. Das kann insbesondere eine persönliche geistige Schöpfung jeglicher Art, ein Werk der kleinen Münze, ein nachgelassenes Werk oder auch ein Lichtbild oder anderes Objekt eines verwandten Schutzrechts sein, unabhängig von der Art seiner Fixierung und unabhängig davon, auf welche Weise jeweils eine Wahrnehmung erfolgen kann, gleichviel ob in analoger oder digitaler Form. Soweit Datenbanken oder Zusammenstellungen von Daten einen immaterialgüterrechtlichen Schutz eigener Art genießen, unterfallen auch sie dem Begriff "Schutzgegenstand" im Sinne dieser Lizenz.
- g. Mit "**Sie**" bzw. "**Ihnen**" ist die natürliche oder juristische Person gemeint, die in dieser Lizenz im Abschnitt 3 genannte Nutzungen des Schutzgegenstandes vornimmt und zuvor in Hinblick auf den Schutzgegenstand nicht gegen Bedingungen dieser Lizenz verstoßen oder

- aber die ausdrückliche Erlaubnis des Lizenzgebers erhalten hat, die durch diese Lizenz gewährten Nutzungsrechte trotz eines vorherigen Verstoßes auszuüben.
- h. Unter "**Öffentlich Zeigen**" im Sinne dieser Lizenz sind Veröffentlichungen und Präsentationen des Schutzgegenstandes zu verstehen, die für eine Mehrzahl von Mitgliedern der Öffentlichkeit bestimmt sind und in unkörperlicher Form mittels öffentlicher Wiedergabe in Form von Vortrag, Aufführung, Vorführung, Darbietung, Sendung, Weitersendung, zeit- und ortsunabhängiger Zugänglichmachung oder in körperlicher Form mittels Ausstellung erfolgen, unabhängig von bestimmten Veranstaltungen und unabhängig von den zum Einsatz kommenden Techniken und Verfahren, einschließlich drahtgebundener oder drahtloser Mittel und Einstellen in das Internet.
 - i. "**Vervielfältigen**" im Sinne dieser Lizenz bedeutet, mittels beliebiger Verfahren Vervielfältigungsstücke des Schutzgegenstandes herzustellen, insbesondere durch Ton- oder Bildaufzeichnungen, und umfasst auch den Vorgang, erstmals körperliche Fixierungen des Schutzgegenstandes sowie Vervielfältigungsstücke dieser Fixierungen anzufertigen, sowie die Übertragung des Schutzgegenstandes auf einen Bild- oder Tonträger oder auf ein anderes elektronisches Medium, gleichviel ob in digitaler oder analoger Form.

2. Schranken des Immaterialgüterrechts

Diese Lizenz ist in keiner Weise darauf gerichtet, Befugnisse zur Nutzung des Schutzgegenstandes zu vermindern, zu beschränken oder zu vereiteln, die Ihnen aufgrund der Schranken des Urheberrechts oder anderer Rechtsnormen bereits ohne Weiteres zustehen oder sich aus dem Fehlen eines immaterialgüterrechtlichen Schutzes ergeben.

3. Einräumung von Nutzungsrechten

Unter den Bedingungen dieser Lizenz räumt Ihnen der Lizenzgeber - unbeschadet unverzichtbarer Rechte und vorbehaltlich des Abschnitts 3.c) - das vergütungsfreie, räumlich und zeitlich (für die Dauer des Schutzrechts am Schutzgegenstand) unbeschränkte einfache Recht ein, den Schutzgegenstand auf die folgenden Arten und Weisen zu nutzen ("unentgeltlich eingeräumtes einfaches Nutzungsrecht für jedermann"):

- a. Den Schutzgegenstand in beliebiger Form und Menge zu vervielfältigen, ihn in Sammelwerke zu integrieren und ihn als Teil solcher Sammelwerke zu vervielfältigen;
- b. den Schutzgegenstand, allein oder in Sammelwerke aufgenommen, öffentlich zu zeigen und zu verbreiten.
- c. Bezüglich Vergütung für die Nutzung des Schutzgegenstandes gilt Folgendes:
 - i. **Unverzichtbare gesetzliche Vergütungsansprüche:** Soweit unverzichtbare Vergütungsansprüche im Gegenzug für gesetzliche Lizenzen vorgesehen oder Pauschalabgabensysteme (zum Beispiel für Leermedien) vorhanden sind, behält sich der Lizenzgeber das ausschließliche Recht vor, die entsprechende Vergütung einzuziehen für jede Ausübung eines Rechts aus dieser Lizenz durch Sie.
 - ii. **Vergütung bei Zwangslizenzen:** Sofern Zwangslizenzen außerhalb dieser Lizenz vorgesehen sind und zustande kommen, verzichtet der Lizenzgeber für alle Fälle einer lizenzgerechten Nutzung des Schutzgegenstandes durch Sie auf jegliche Vergütung.
 - iii. **Vergütung in sonstigen Fällen:** Bezüglich lizenzgerechter Nutzung des Schutzgegenstandes durch Sie, die nicht unter die beiden vorherigen Abschnitte (i) und (ii) fällt, verzichtet der Lizenzgeber auf jegliche Vergütung, unabhängig davon, ob eine Einziehung der Vergütung durch ihn selbst oder nur durch eine Verwertungsgesellschaft möglich wäre.

Das vorgenannte Nutzungsrecht wird für alle bekannten sowie für alle noch nicht bekannten Nutzungsarten eingeräumt. Es beinhaltet auch das Recht, solche Änderungen am Schutzgegenstand vorzunehmen, die für bestimmte nach dieser Lizenz zulässige Nutzungen technisch erforderlich sind. Weitergehende Änderungen oder Abwandlungen sind jedoch untersagt. Alle sonstigen Rechte, die über diesen Abschnitt hinaus nicht ausdrücklich durch den Lizenzgeber eingeräumt werden, bleiben diesem allein vorbehalten. Soweit Datenbanken oder Zusammenstellungen von Daten Schutzgegenstand dieser Lizenz oder Teil dessen sind und einen immaterialgüterrechtlichen Schutz eigener Art genießen, verzichtet der Lizenzgeber auf sämtliche aus diesem Schutz resultierenden Rechte.

4. Bedingungen

Die Einräumung des Nutzungsrechts gemäß Abschnitt 3 dieser Lizenz erfolgt ausdrücklich nur unter den folgenden Bedingungen:

- a. Sie dürfen den Schutzgegenstand ausschließlich unter den Bedingungen dieser Lizenz verbreiten oder öffentlich zeigen. Sie müssen dabei stets eine Kopie dieser Lizenz oder deren vollständige Internetadresse in Form des Uniform-Resource-Identifizier (URI) beifügen. Sie dürfen keine Vertrags- oder Nutzungsbedingungen anbieten oder fordern, die die Bedingungen dieser Lizenz oder die durch diese Lizenz gewährten Rechte beschränken. Sie dürfen den Schutzgegenstand nicht unterlizenzieren. Bei jeder Kopie des Schutzgegenstandes, die Sie verbreiten oder öffentlich zeigen, müssen Sie alle Hinweise unverändert lassen, die auf diese Lizenz und den Haftungsausschluss hinweisen. Wenn Sie den Schutzgegenstand verbreiten oder öffentlich zeigen, dürfen Sie (in Bezug auf den Schutzgegenstand) keine technischen Maßnahmen ergreifen, die den Nutzer des Schutzgegenstandes in der Ausübung der ihm durch diese Lizenz gewährten Rechte behindern können. Dieser Abschnitt 4.a) gilt auch für den Fall, dass der Schutzgegenstand einen Bestandteil eines Sammelwerkes bildet, was jedoch nicht bedeutet, dass das Sammelwerk insgesamt dieser Lizenz unterstellt werden muss. Sofern Sie ein Sammelwerk erstellen, müssen Sie auf die Mitteilung eines Lizenzgebers hin aus dem Sammelwerk die in Abschnitt 4.b) aufgezählten Hinweise entfernen.
- b. Die Verbreitung und das öffentliche Zeigen des Schutzgegenstandes oder ihn enthaltender Sammelwerke ist Ihnen nur unter der Bedingung gestattet, dass Sie, vorbehaltlich etwaiger Mitteilungen im Sinne von Abschnitt 4.a), alle dazu gehörenden Rechtevermerke unberührt lassen. Sie sind verpflichtet, die Rechteinhaberschaft in einer der Nutzung entsprechenden, angemessenen Form anzuerkennen, indem Sie - soweit bekannt - Folgendes angeben:
 - i. Den Namen (oder das Pseudonym, falls ein solches verwendet wird) des Rechteinhabers und / oder, falls der Lizenzgeber im Rechtevermerk, in den Nutzungsbedingungen oder auf andere angemessene Weise eine Zuschreibung an Dritte vorgenommen hat (z.B. an eine Stiftung, ein Verlagshaus oder eine Zeitung) ("Zuschreibungsempfänger"), Namen bzw. Bezeichnung dieses oder dieser Dritten;
 - ii. den Titel des Inhaltes;
 - iii. in einer praktikablen Form den Uniform-Resource-Identifizier (URI, z.B. Internetadresse), den der Lizenzgeber zum Schutzgegenstand angegeben hat, es sei denn, dieser URI verweist nicht auf den Rechtevermerk oder die Lizenzinformationen zum Schutzgegenstand.

Die nach diesem Abschnitt 4.b) erforderlichen Angaben können in jeder angemessenen Form gemacht werden; im Falle eines Sammelwerkes müssen diese Angaben das Minimum darstellen und bei gemeinsamer Nennung mehrerer Rechteinhaber dergestalt erfolgen, dass sie zumindest ebenso hervorgehoben sind wie die Hinweise auf die übrigen Rechteinhaber. Die Angaben nach diesem Abschnitt dürfen Sie ausschließlich zur Angabe der Rechteinhaberschaft in der oben bezeichneten Weise verwenden. Durch die Ausübung Ihrer Rechte aus dieser Lizenz dürfen Sie ohne eine vorherige, separat und schriftlich vorliegende Zustimmung des Lizenzgebers und / oder des Zuschreibungsempfängers weder explizit noch implizit irgendeine Verbindung zum Lizenzgeber oder Zuschreibungsempfänger und ebenso wenig eine Unterstützung oder Billigung durch ihn andeuten.

- c. Die oben unter 4.a) und b) genannten Einschränkungen gelten nicht für solche Teile des Schutzgegenstandes, die allein deshalb unter den Schutzgegenstandsbegriff fallen, weil sie als Datenbanken oder Zusammenstellungen von Daten einen immaterialgüterrechtlichen Schutz eigener Art genießen.
- d. Persönlichkeitsrechte bleiben - soweit sie bestehen - von dieser Lizenz unberührt.

5. Gewährleistung

SO FERN KEINE ANDERS LAUTENDE, SCHRIFTLICHE VEREINBARUNG ZWISCHEN DEM LIZENZGEBER UND IHNEN GESCHLOSSEN WURDE UND SOWEIT MÄNGEL NICHT ARGLISTIG VERSCHWIEGEN WURDEN, BIETET DER LIZENZGEBER DEN SCHUTZGEGENSTAND UND DIE EINRÄUMUNG VON RECHTEN UNTER AUSSCHLUSS JEGLICHER GEWÄHRLEISTUNG AN UND ÜBERNIMMT WEDER AUSDRÜCKLICH NOCH KONKLUDENT GARANTIE IRGEND EINER ART. DIES UMFASST INSBESONDERE DAS FREISEIN VON SACH- UND RECHTSMÄNGELN, UNABHÄNGIG VON DEREN ERKENNBARKEIT FÜR DEN LIZENZGEBER, DIE VERKEHRSFÄHIGKEIT DES SCHUTZGEGENSTANDES, SEINE VERWENDBARKEIT FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK SOWIE DIE KORREKTHEIT VON BESCHREIBUNGEN. DIESE GEWÄHRLEISTUNGSBESCHRÄNKUNG GILT NICHT, SOWEIT MÄNGEL ZU SCHÄDEN DER IN ABSCHNITT 6 BEZEICHNETEN ART FÜHREN UND AUF SEITEN DES LIZENZGEBERS DAS JEWEILS GENANNTEN VERSCHULDEN BZW. VERTRETEN MÜSSEN EBENFALLS VORLIEGT.

6. Haftungsbeschränkung

DER LIZENZGEBER HAFTET IHNEN GEGENÜBER IN BEZUG AUF SCHÄDEN AUS DER VERLETZUNG DES LEBENS, DES KÖRPERS ODER DER GESUNDHEIT NUR, SOFERN IHM WENIGSTENS FAHRLÄSSIGKEIT VORZUWERFEN IST, FÜR SONSTIGE SCHÄDEN NUR BEI GROBER FAHRLÄSSIGKEIT ODER VORSATZ, UND ÜBERNIMMT DARÜBER HINAUS KEINERLEI FREIWILLIGE HAFTUNG.

7. Erlöschen

- a. Diese Lizenz und die durch sie eingeräumten Nutzungsrechte erlöschen mit Wirkung für die Zukunft im Falle eines Verstoßes gegen die Lizenzbedingungen durch Sie, ohne dass es dazu der Kenntnis des Lizenzgebers vom Verstoß oder einer weiteren Handlung einer der Vertragsparteien bedarf. Mit natürlichen oder juristischen Personen, die den Schutzgegenstand enthaltende Sammelwerke unter den Bedingungen dieser Lizenz von Ihnen erhalten haben, bestehen nachträglich entstandene Lizenzbeziehungen jedoch solange weiter, wie die genannten Personen sich ihrerseits an sämtliche Lizenzbedingungen halten. Darüber hinaus gelten die Ziffern 1, 2, 5, 6, 7, und 8 auch nach einem Erlöschen dieser Lizenz fort.
- b. Vorbehaltlich der oben genannten Bedingungen gilt diese Lizenz unbefristet bis der rechtliche Schutz für den Schutzgegenstand ausläuft. Davon abgesehen behält der Lizenzgeber das Recht, den Schutzgegenstand unter anderen Lizenzbedingungen anzubieten oder die eigene Weitergabe des Schutzgegenstandes jederzeit einzustellen, solange die Ausübung dieses Rechts nicht einer Kündigung oder einem Widerruf dieser Lizenz (oder irgendeiner Weiterlizenzierung, die auf Grundlage dieser Lizenz bereits erfolgt ist bzw. zukünftig noch erfolgen muss) dient und diese Lizenz unter Berücksichtigung der oben zum Erlöschen genannten Bedingungen vollumfänglich wirksam bleibt.

8. Sonstige Bestimmungen

- a. Jedes Mal wenn Sie den Schutzgegenstand für sich genommen oder als Teil eines Sammelwerkes verbreiten oder öffentlich zeigen, bietet der Lizenzgeber dem Empfänger eine Lizenz zu den gleichen Bedingungen und im gleichen Umfang an, wie Ihnen in Form dieser Lizenz.
- b. Sollte eine Bestimmung dieser Lizenz unwirksam sein, so bleibt davon die Wirksamkeit der Lizenz im Übrigen unberührt.
- c. Keine Bestimmung dieser Lizenz soll als abbedungen und kein Verstoß gegen sie als zulässig gelten, solange die von dem Verzicht oder von dem Verstoß betroffene Seite nicht schriftlich zugestimmt hat.
- d. Diese Lizenz (zusammen mit in ihr ausdrücklich vorgesehenen Erlaubnissen, Mitteilungen und Zustimmungen, soweit diese tatsächlich vorliegen) stellt die vollständige Vereinbarung zwischen dem Lizenzgeber und Ihnen in Bezug auf den Schutzgegenstand dar. Es bestehen keine Abreden, Vereinbarungen oder Erklärungen in Bezug auf den Schutzgegenstand, die in dieser Lizenz nicht genannt sind. Rechtsgeschäftliche Änderungen des Verhältnisses zwischen dem Lizenzgeber und Ihnen sind nur über Modifikationen dieser Lizenz möglich. Der Lizenzgeber ist an etwaige zusätzliche, einseitig durch Sie übermittelte Bestimmungen nicht gebunden. Diese Lizenz kann nur durch schriftliche Vereinbarung zwischen Ihnen und dem Lizenzgeber modifiziert werden. Derlei Modifikationen wirken ausschließlich zwischen dem Lizenzgeber und Ihnen und wirken sich nicht auf die Dritten gemäß Ziffern 8.a) angebotenen Lizenzen aus.
- e. Sofern zwischen Ihnen und dem Lizenzgeber keine anderweitige Vereinbarung getroffen wurde und soweit Wahlfreiheit besteht, findet auf diesen Lizenzvertrag das Recht der Bundesrepublik Deutschland Anwendung.