

# **Visualisierung der Kritischen Infrastruktur einer Stadt (qualitative und quantitative Modellierung) mit dem Consideo Modeler**

Institute of Nuclear and Energy Technologies

**Friedmar Fischer  
Institut für Kern- und Energietechnik (K.I.T. – CN)  
Mai 2011**

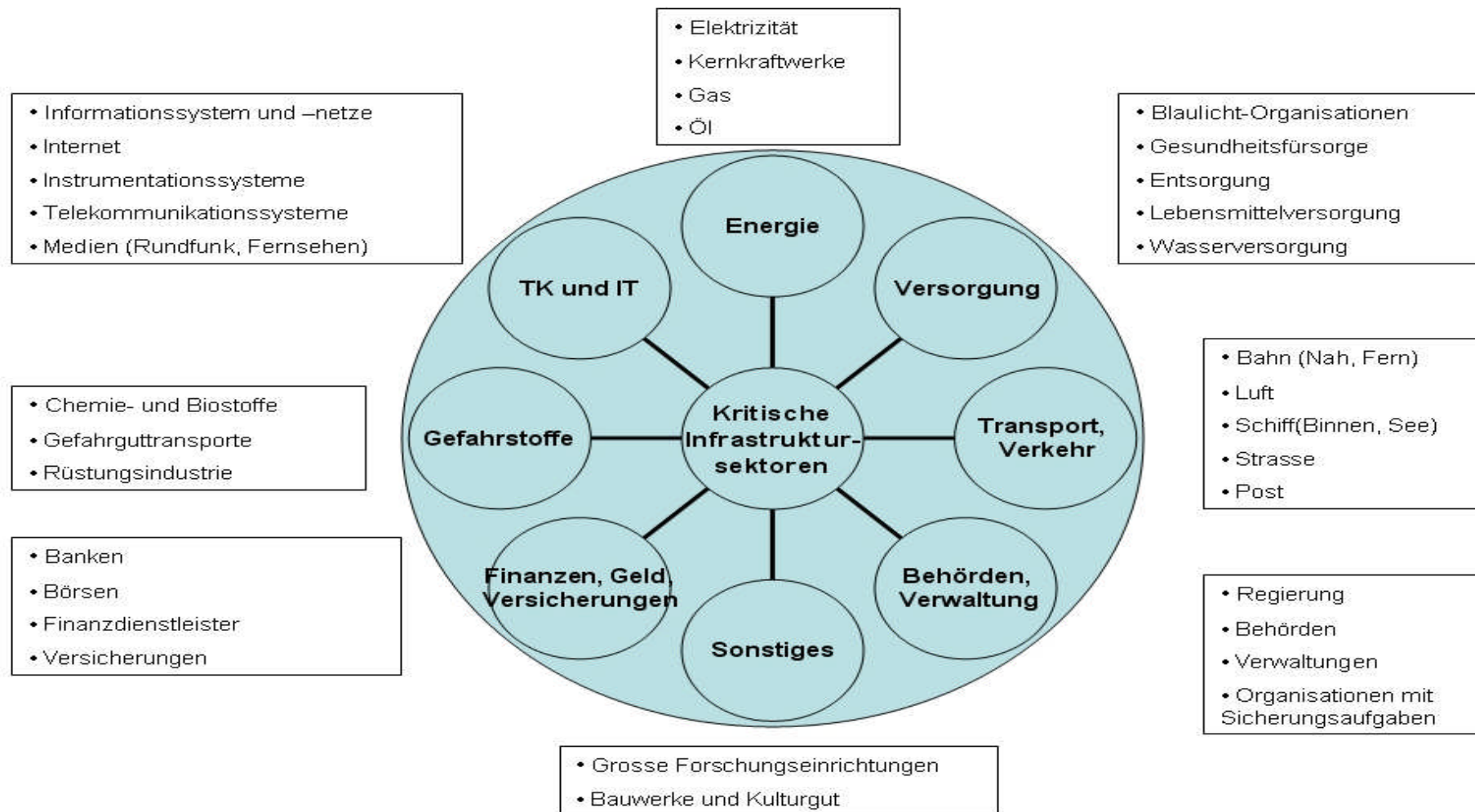


## Motivation

- **Kritische Infrastrukturen (KI) sind komplexe vernetzte und dynamische Systeme / Strukturen (siehe die spätere KI-Grafik)**
- **Für Hilfe bei Entscheidungen in solchen Situationen sind geeignete Werkzeuge zu finden**
- **In den Bereichen Wirtschaft, Naturwissenschaften und Medizin werden verschiedene Tools zur Visualisierung und Simulation komplexer Sachverhalte angeboten**
  - **Grosse Preisunterschiede**
  - **Grosse Bandbreite bzw. Spezialisierung der Zielrichtungen (siehe die spätere Tools- Grafik)**
  - **Grosse Bandbreite beim Tool-Einarbeitungsbedarf**
- **Daher Suche nach einem preiswerten, intuitiven, leichter handhabbaren Werkzeug für die Definition, Visualisierung, Analyse und Simulation komplexer Zusammenhänge**
- **Ganzheitlicher (systemischer) Ansatz bevorzugt**

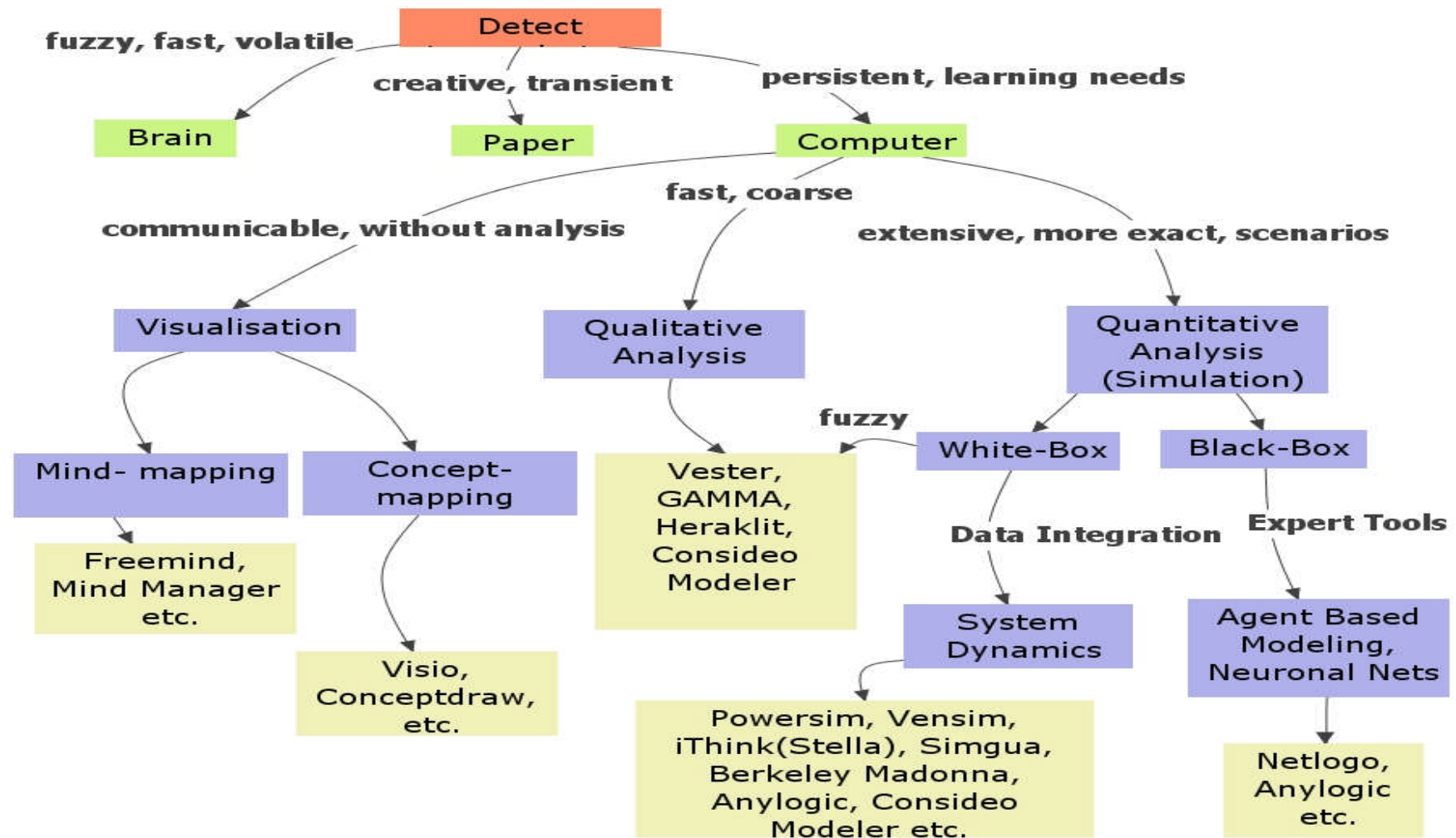


# Kritische Infrastrukturektoren





# Tools zur Visualisierung (Simulation) von komplexen Zusammenhängen (qualitativ und quantitativ)



frei nach K. Neumann (Consideo, 2009)



# Workflow Schritt 1: Problembeschreibung

## Problembeschreibung:

- Es ist nahezu unmöglich, die zahlreichen Einflussfaktoren, Abhängigkeiten und Vernetzungen wichtiger Kritischer Infrastrukturbereiche unseres Zusammenlebens korrekt zu erfassen, geschweige denn abschließend zu bewerten. Kritische Infrastrukturen wie z.B. das Gesundheitswesen, Telekommunikation/IT, das Verkehrswesen, das Versorgungswesen (Lebensmittel, Wasser, Energie) usw. sind untereinander vernetzt und sehr empfindlich in Bezug auf Störungen des Gleichgewichts. Gegebenenfalls bedingen die zahlreichen Abhängigkeiten sogar Dominoeffekte für den Ausfall bisher unberührter Infrastrukturbereiche.
- Das Modell bildet anhand eines Wetter-Herbst-Szenarios die Kritischen Infrastrukturen einer Stadt nach:
  - - Unwetter erreichen den Norden und Westen Deutschlands
  - - Betroffen sind die Stadt, umliegende Landkreise und Regierungspräsidien sowie angrenzende Bundesländer
  - - Schwerpunkte in der Stadt sind
    - - Unwetter
    - - Stromausfall
    - - Verkehrsinfrastrukturprobleme – Transportprobleme durch Großereignisse am Wochenende (Messe, Fussballspiel im Stadion)
    - - Ereignisse auf einem Flughafen



# KI-Stadt Szenarien als Excel-Sheet

		SF 1	SF2	SF3	SF4	SF5	SF6	SF7
	Grad der Beeinträcht.	Massenunfall Pkw	Flug Unfall	Panik Messe	BAB Unfall Aquaplaning	Gefahrgut Unfall	Passagierbef. Bahn(ICE)	Fabrik Schadstoffe
0	Samstag							
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8		0	0	0	0	0	0	0
9		Start 0.5						
10								
11								
12								
13		Ende 0.5						
14		0.1	Start 0.9	Start 0.8	Start 0.5	Start 0.7	Start 0.8	Start 0.1
15								
16								
17								
18	Sa 18:00							Freisetzung 0.8
19	Sa 19:00		Ende 0.9					Schadstoffe, daher
20			0.1					Beeinträchtigung
21								
22	Sa 22:00			Ende 0.8				
23				0.1				
24	Sonntag							
25								
26	So 02:00				Ende 0.5			
27								
28								
29								
30	So 06:00					Ende 0.7		Strom springt an 0.8
31						0.2		0.1
32								
33								
34								
35								
36	So 12:00						Ende 0.8	
37							0	
38	So 14:00					Brücke kaputt		
39						längere Beeintr.		
40								
41								
42	So 18:00							Ende 0.1



# Workflow Schritt 1: Problembeschreibung

## Ziele:

**Es ist wünschenswert, die komplexen Wirkungsgefüge besser zu verstehen. Dazu werden insbesondere die Teilsektoren „Energie“, „Transport und Verkehr“ sowie „Versorgung und taktisch-operativer Bevölkerungsschutz“ der Kritischen Infrastrukturen als Beispiel herangezogen und die Funktionsfähigkeit/Verfügbarkeit der Kritischen Infrastrukturen einer Stadt in Abhängigkeit von bestimmten Einflussfaktoren untersucht. Einige der der acht zentralen Kritischen Infrastruktursektoren (Energie, Versorgung, Transport/Verkehr, Behörden/Verwaltung, Sonstiges, Finanzen/Geld/Versicherungen, Gefahrstoffe, TK/IT) spielen hier zusammen. Aus einer wetterbedingten aktuellen Gefährdungslage werden 7 Störfälle der kritischen Infrastruktur der Stadt angenommen. Zunächst wird aus qualitativ bewerteten Faktoren ein qualitatives, später dann ein quantitatives Simulationsmodell erstellt zur Visualisierung der Komplexität des vernetzten Systems. Damit können Störfall-Szenarien durchgespielt werden.**



# Workflow Schritt 1: Problembeschreibung

## Beobachtungszeitraum:

- Es wird ein Beobachtungszeitraum von 336 Stunden (das entspricht zwei Wochen) angenommen.

## Systemgrenzen:

- Das zu simulierende System wird durch Größen bestimmt und beschrieben, die relativ zu einem maximal möglichen Wert (zwischen 0 und 1, bzw. als Prozentwerte zwischen 0 und 100) definiert sind.
- Das System befinde sich im Normalfall im Gleichgewicht. Veränderungen treten auf, wenn Störungen von außen einwirken. In der Realität wirken immer Störungen, die aber laufend durch innere ausgleichende Regelungen und Steuermechanismen ausgeglichen werden. Dadurch wird das System stabil. Nur außergewöhnliche Störungen vermögen instabile Zustände zu erzeugen, die aber auch wieder zu stabilen Zuständen führen sollten, wenn auch auf anderen Niveaus. Systemtheoretisch gesehen müssten daher eine Reihe von Wirkungsbeziehungen zu negativen Rückkopplungen führen. Dies ist jedoch nicht der Fall, alle Wirkungen wurden im Modell positiv definiert. Da zunächst nicht ersichtlich ist, welche Wirkungsgrößen einen stabilisierenden Effekt im Sinne einer negativen Rückkopplung haben, wird durchgehend angenommen, dass die Veränderung einer Größe in der Zeit von den Veränderungen aller anderen Größen abhängt, jedoch zeitverzögert entsprechend der Verzögerungszeiten aus dem Wirkungsgefüge und mit den dort definierten relativen Wirkungs“gewichten“.
- Bei den Schadensfällen SF1-SF7 bedeutet die Abkürzung GB= Grad der beeinträchtigung (also eine Zahl zwischen 0 und 1). Das Beispielmmodell soll lediglich die Möglichkeiten der qualitativen und quantitativen Visualisierung komplexer vernetzter System im Bereich Kritischer Infrastrukturen anreißen.



# Workflow Schritt 1: Projektdefinition im CM

CONSIDEO BI MODELER PROCESS MODELER [EDUCATIONAL VERSION NICHT ZUM KOMMERZIELLEN EINSATZ] : V\_Stadt\_quant\_OOE\_SF1\_7.cons

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Simulation Hilfe

Beschreiben Kreativ Qualitativ Quantitativ Simulieren

**Modelltitel**  
Kritische Infrastruktur einer Stadt

**Problembeschreibung**  
- Ereignisse auf einem Diagramm

Zur Vertiefung (aktuelle Literatur):

- [http://bit.ly/Krisenhandbuch\\_Stromausfall](http://bit.ly/Krisenhandbuch_Stromausfall)
- [http://bit.ly/Verwundbarkeit\\_Kritischer\\_Infrastrukturen](http://bit.ly/Verwundbarkeit_Kritischer_Infrastrukturen)
- Studie: „Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften – am Beispiel eines großräumigen Stromausfalls der Stromversorgung“, TAB-141, <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u137.html>
- T. Petermann: „»Alles easy« – der Bürger und die Katastrophe“, TAB-Brief Nr. 38, Dez. 2010, 29-31, <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/tab-brief/TAB-Brief-038.pdf>
- Gutachten: „Folgen eines großräumigen und lang andauernden Ausfalls der Stromversorgung“, Ernst Basler und Partner AG, Zürich, Feb. 2010

**Ziele**  
Es ist wünschenswert, die komplexen Wirkungsgefüge besser zu verstehen. Dazu werden insbesondere die Teilsektoren „Energie“, „Transport und Verkehr“ sowie „Versorgung und taktisch-operativer Bevölkerungsschutz“ der Kritischen Infrastrukturen als Beispiel herangezogen und die Funktionsfähigkeit/Verfügbarkeit der Kritischen Infrastrukturen einer Stadt in Abhängigkeit von bestimmten Einflussfaktoren untersucht. Einige der acht zentralen Kritischen Infrastruktursektoren (Energie, Versorgung, Transport/Verkehr, Behörden/Verwaltung, Sonstiges, Finanzen/Geld/Versicherungen, Gefahrstoffe, TK/IT) spielen hier zusammen. Aus einer wetterbedingten aktuellen Gefährdungslage werden 7 Störfälle der kritischen Infrastruktur der Stadt angenommen. Zunächst wird aus qualitativ bewerteten Faktoren ein qualitatives, später dann ein quantitatives Simulationsmodell erstellt zur Visualisierung der Komplexität des vernetzten Systems. Damit können Störfall-Szenarien durchgespielt werden.

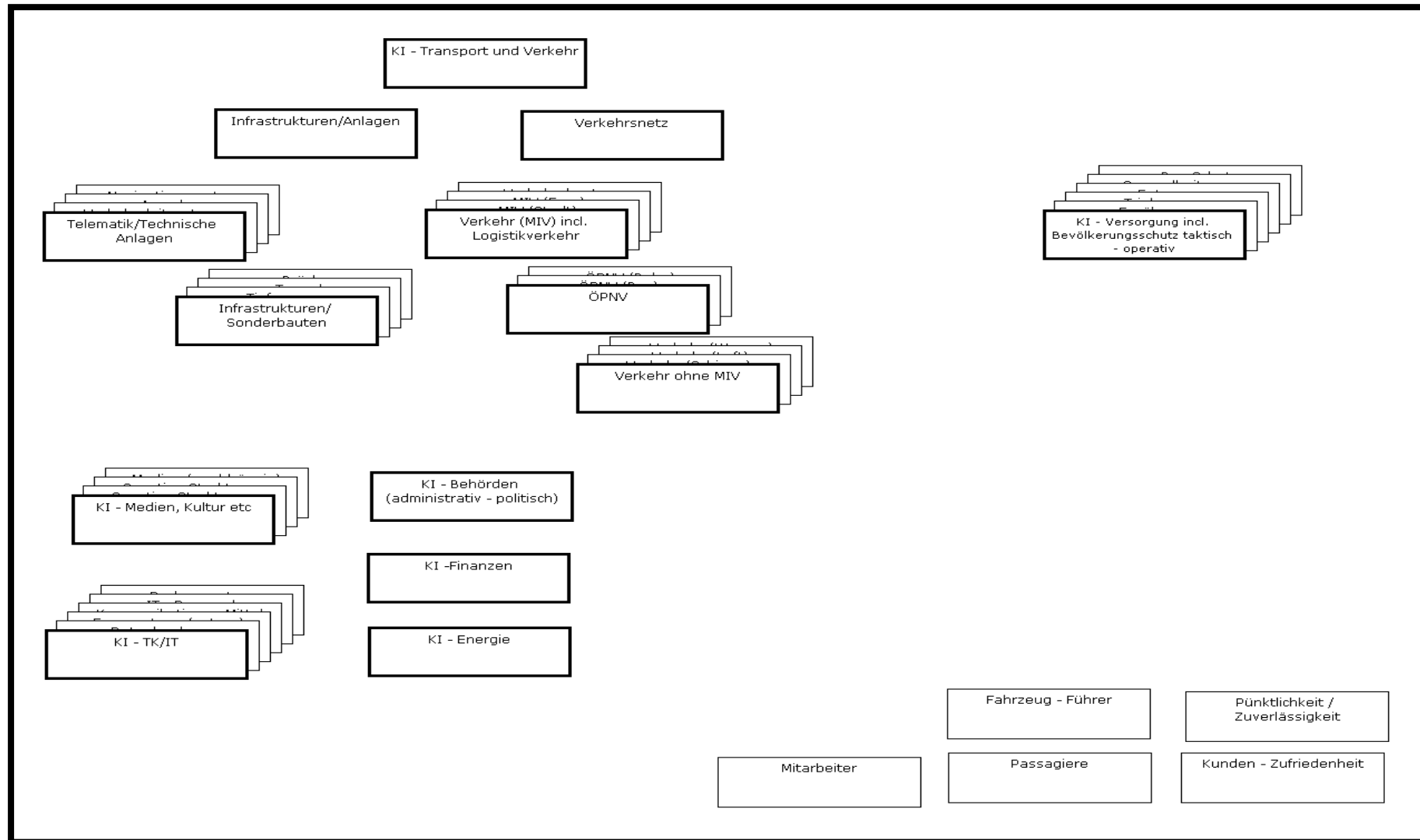
**Welcher Zeitraum soll betrachtet werden?**  
Zeiteinheit Keine Zeiteinheit  
von 1 bis 336

**Für welchen Zeitraum liegen Vergleichswerte vor?**  
von um etwas einzugeben... bis um etwas einzugeben...

**Systemgrenzen**  
Das zu simulierende System wird durch Größen bestimmt und beschrieben, die relativ zu einem maximal möglichen Wert (zwischen 0 und 1, bzw. als Prozentwerte zwischen 0 und 100) definiert sind.  
Das System befinde sich im Normalfall im Gleichgewicht. Veränderungen treten auf, wenn Störungen von außen einwirken. In der Realität wirken immer Störungen, die aber laufend durch innere ausgleichende Regelungen und Steuermechanismen ausgeglichen werden. Dadurch wird das System stabil. Nur außergewöhnliche Störungen vermögen instabile Zustände zu erzeugen, die aber auch wieder zu stabilen Zuständen führen sollten, wenn auch auf anderen Niveaus. Systemtheoretisch gesehen müssten daher eine Reihe von Wirkungsbeziehungen zu negativen Rückkopplungen führen. Dies ist jedoch nicht der Fall, alle Wirkungen wurden im Modell positiv definiert. Da zunächst nicht ersichtlich ist, welche Wirkungsgrößen einen stabilisierenden Effekt im Sinne einer negativen Rückkopplung haben, wird durchgehend angenommen, dass die Veränderung einer Größe in der Zeit von den Veränderungen aller anderen Größen abhängt, jedoch zeitverzögert entsprechend der Verzögerungszeiten aus dem Wirkungsgefüge und mit den dort definierten relativen Wirkungs „gewichten“.  
Im Beispielmmodell werden als Beobachtungszeitraum zwei Wochen (336 Stunden=14 Tage, Zeiteinheiten sind Stunden) angenommen. Nur eventuelle Auswirkungen der im Modell dargestellten Kritischen Infrastruktursektoren werden berücksichtigt.  
Bei den Schadensfällen SF1-SF7 bedeutet die Abkürzung GB= Grad der beeinträchtigung (also eine Zahl zwischen 0 und 1).  
Das Beispielmmodell soll lediglich die Möglichkeiten der qualitativen und quantitativen Visualisierung komplexer vernetzter System im Bereich Kritischer Infrastrukturen anreizen.

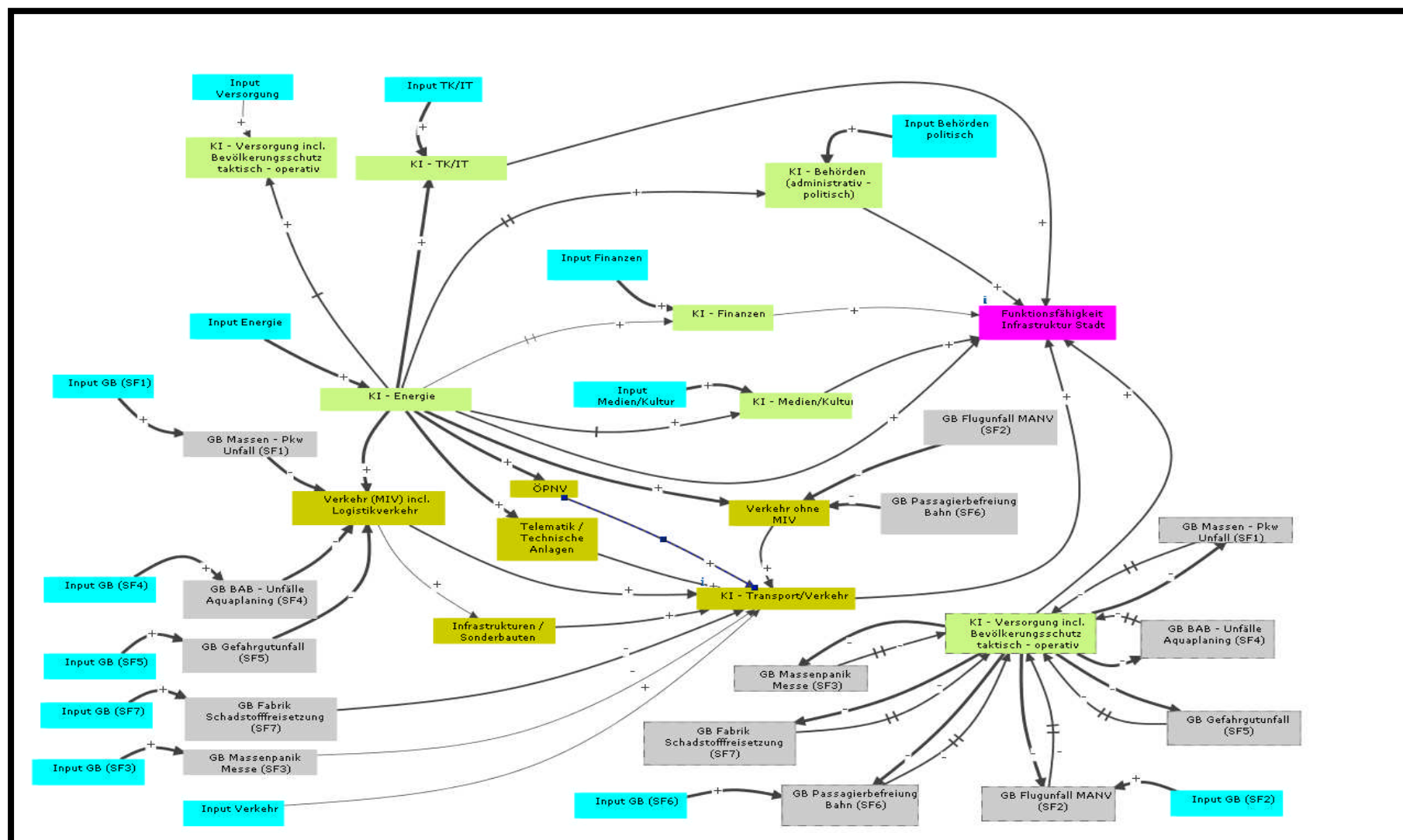


# Workflow Schritt 2: Brainstorming im CM



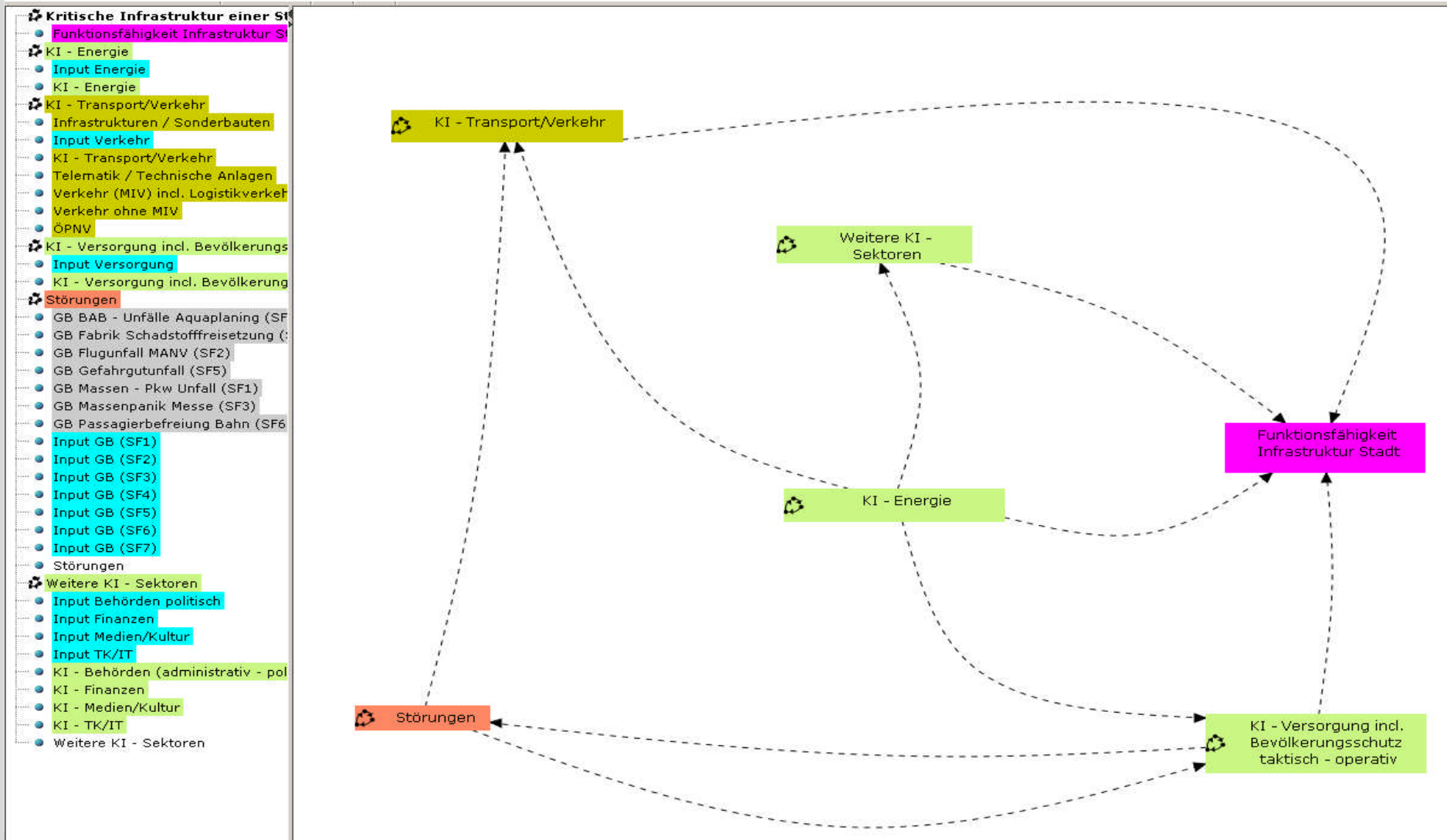


# Workflow Schritt 3: Vernetzung im CM





# Workflow Schritt 3: Submodelle





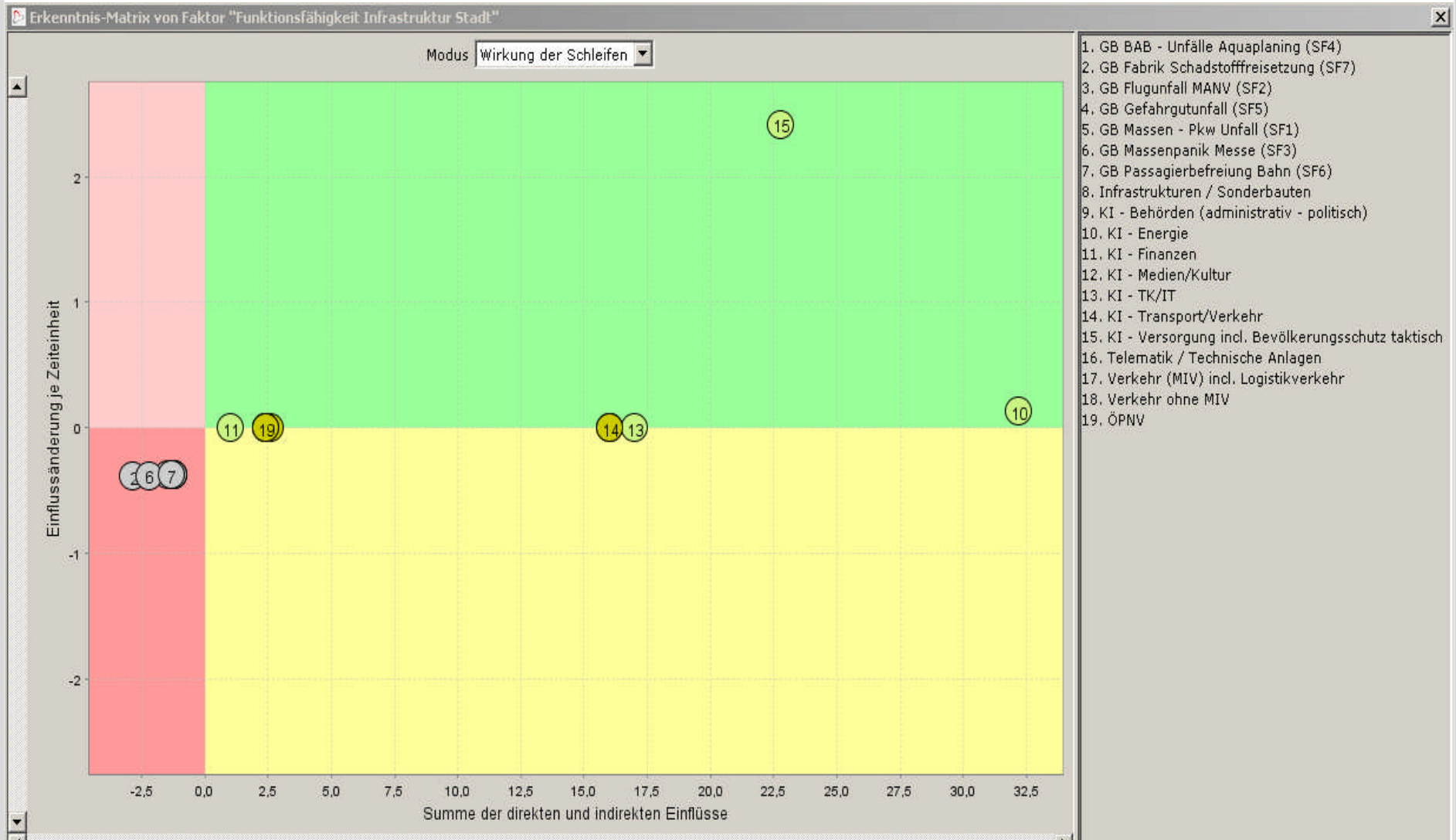
# Workflow Schritt 3: Gewichtungsmatrix

Die Gewichtung-Matrix verdeutlicht, wie jeder Faktor durch die anderen prozentual in Relation zueinander beeinflusst wird - also maximal in Summe einer Spalte zu 100 %.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
1	KI - TK/IT				17																														
2	KI - Energie	50		12	17				1		17		20			25	30					25						50							
3	KI - Versorgung incl. B...				17													50	50		50		50	50	50	50									
4	Funktionsfähigkeit Infr...																																		
5	Input Energie		100																																
6	Input TK/IT	50																																	
7	Input Versorgung			4																															
8	KI - Finanzen				1																														
9	Input Finanzen							99																											
10	KI - Behörden (admini...				16																														
11	Input Behörden politisch									83																									
12	KI - Medien/Kultur				16																														
13	Input Medien/Kultur										80																								
14	KI - Transport/Verkehr				16																														
15	ÖPNV														15																				
16	Verkehr ohne MIV													15																					
17	GB Flugunfall MANV (S...			12													35																		
18	GB Passagierbefreiung...			12													30																		
19	Input Verkehr													1																					
20	GB Gefahrgutunfall (SF5)			12																			25												
21	Verkehr (MIV) incl. Log...													15														7							
22	GB BAB - Unfälle Aqua...			12																		25													
23	GB Massen - Pkw Unfal...			12																		25													
24	GB Fabrik Schadstoffr...			12											14																				
25	GB Massenpanik Messe...			12											10																				
26	Telematik / Technische...													15																					
27	Infrastrukturen / Sond...													15																					
28	Input GB (SF1)																							50											
29	Input GB (SF4)																								50										
30	Input GB (SF5)																									50									
31	Input GB (SF7)																										50								
32	Input GB (SF3)																											50							
33	Input GB (SF2)																	50																	
34	Input GB (SF6)																		50																
	Summe	100	100	100	100	0	0	0	100	0	100	0	100	0	100	25	95	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	50	7	0	0	0	0	0	0



# Workflow Schritt 3: Erkenntnismatrix (Verfügbarkeit KI-Struktur einer Stadt) Hebel: Verfügbarkeit KI-Energie, KI-Versorgung, KI-TK/IT





## Workflow Schritt 3: Erkenntnismatrix (1)

- Die Erkenntnis-Matrix zeigt nicht die Bedeutung von Faktoren im Gesamtmodell, sondern den Vergleich der Wirkung von Faktoren auf einen ausgewählten Faktor.
- Die X-Achse drückt aus, wie groß die Wirkung auf den Faktor A ist. Die Y-Achse drückt aus wie groß die Langfristigkeit des Einwirkens auf Faktor A ist.
- Die Analyse des qualitativen Modells kann an unterschiedlichsten Stellen erfolgen. Wir können für jeden Faktor eine Erkenntnis-Matrix aufrufen und für diesen Faktor sehen, welchen kurzfristig negativen (auf der x-Achse links) oder positiven (auf der x-Achse rechts) Einfluss die anderen Faktoren auf diesen haben. Zudem sehen wir, wie sich dieser Einfluss möglicherweise aufgrund von Wirkungsschleifen im Zeitverlauf ändern wird, ob er positiver (auf der y-Achse oben) oder negativer (auf der y-Achse unten) wird.
- Im Beispielfall spielt nur der rechte obere Quadrant eine Rolle.



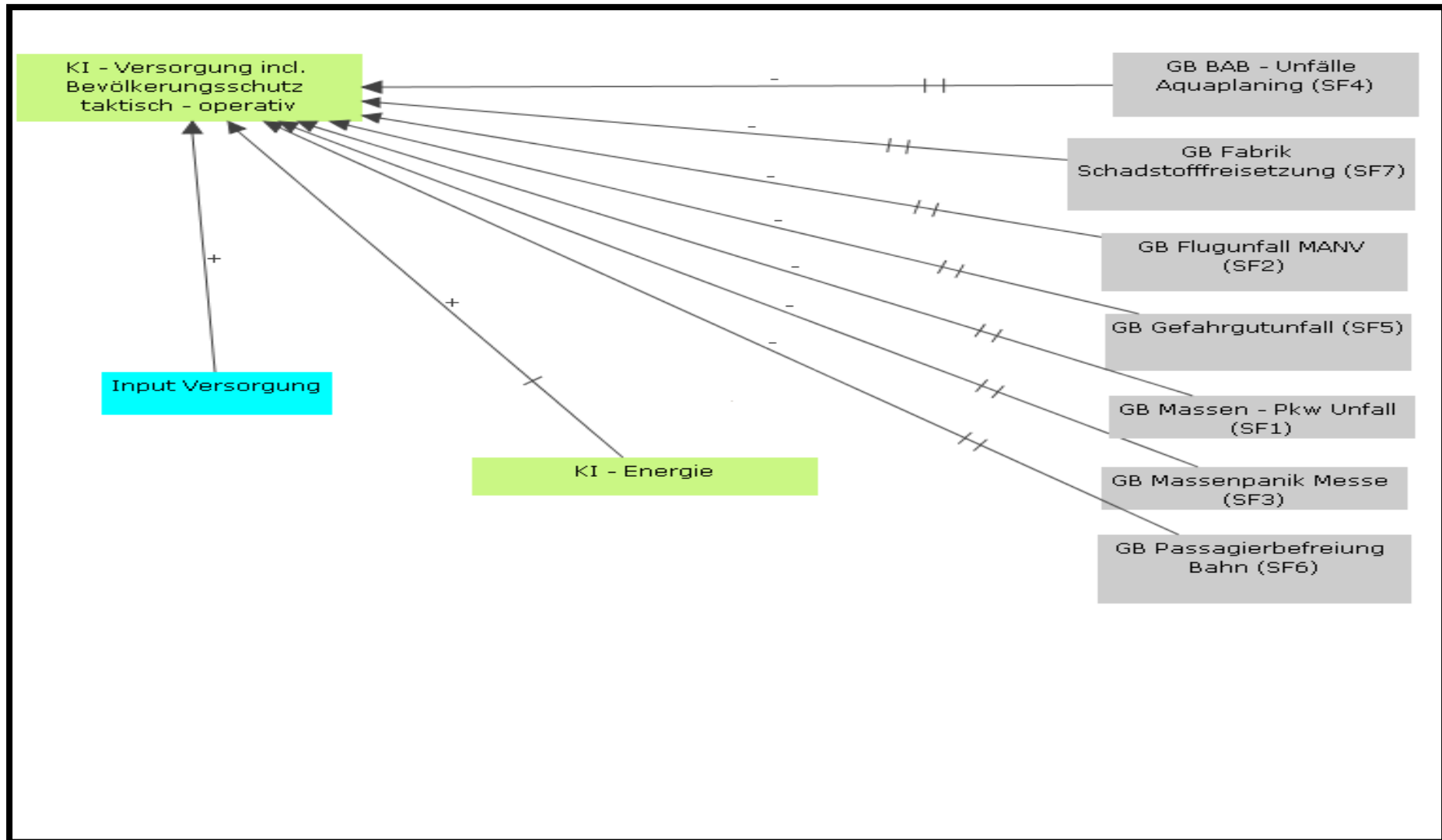
## Workflow Schritt 3: Erkenntnismatrix (2)

- Für die y-Achse werden Wirkungsschleifen berücksichtigt. Dabei gibt es selbstverstärkende (Reinforcing Feedbackloops) und ausgleichende (Balancing Feedbackloops) Rückkopplungsschleifen.

Der MODELER berücksichtigt für die Erkenntnis-Matrix nicht nur die Anzahl der Schleifen, in denen sich ein Faktor selbst befindet, sondern die Wirkung einer Schleife selbst und die Wirkung, mit der diese Schleife angestoßen wird.

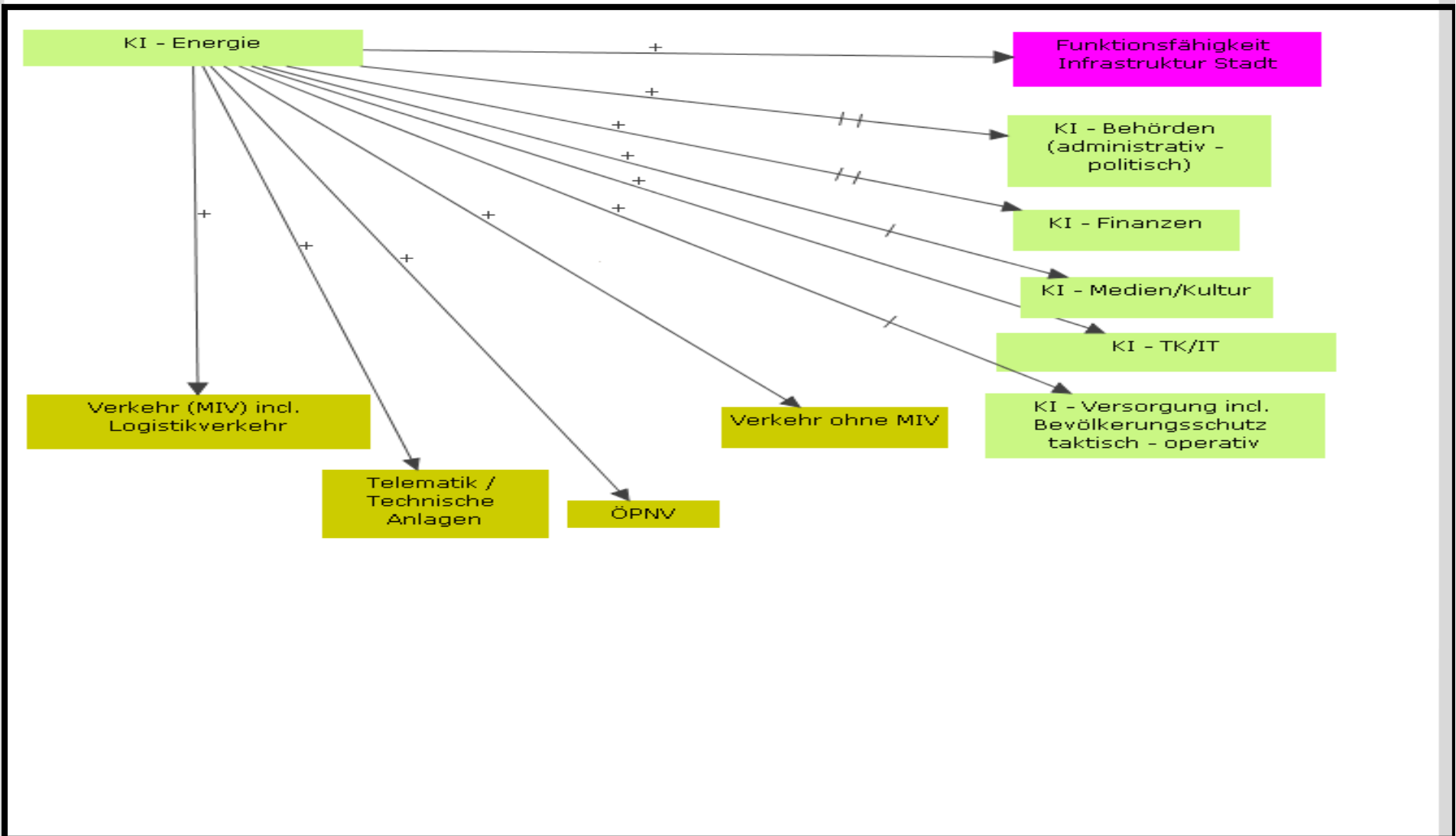


# Workflow Schritt 3: Ursachenforschung



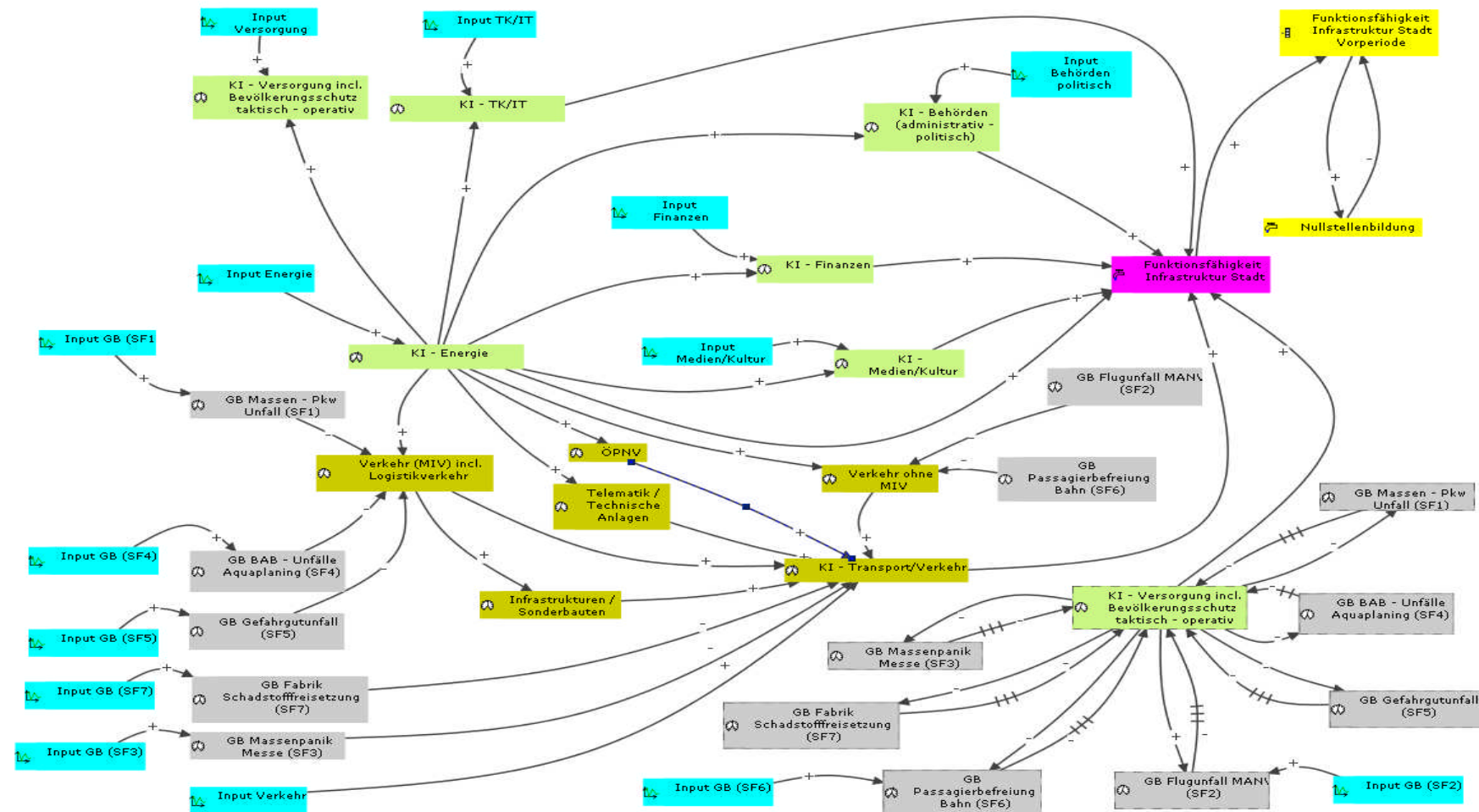


# Workflow Schritt 3: Wirkungsketten





# KI-Modell einer Stadt (quantitativ) (Bestands-, Fluss-, Info- und Inputfaktoren)





# KI Modell Stadt (quantitativ) mit Bezug auf die Werte in der Gewichtungsmatrix

Eigenschaften - Nicht-Bestands-Faktor "Funktionsfähigkeit Infrastruktur Stadt"

Beschreibung | Formel-Editor | **Wertebeziehung** | Vergleichswerte 1 | Vergleichswerte 2

Abhängigkeiten

Name	Wirkung	Einheit
KI - Behörden ...	+	UNDIM.
KI - Energie	+	UNDIM.
KI - Finanzen	+	UNDIM.
KI - Medien/K...	+	UNDIM.
KI - TK/IT	+	UNDIM.
KI - Transport...	+	UNDIM.
KI - Versorgun...	+	UNDIM.

Funktionen | Tastenfeld

←	→	Entf	exp()	< >
^	%	/	*	>
7	8	9	-	>=
4	5	6	+	==
1	2	3	(	<=
0	.	,	)	<

Formel

$$([KI - Energie] * 0.17 + [KI - TK/IT] * 0.17 + [KI - Versorgung incl. Bevölkerungsschutz taktisch - operativ] * 0.17 + [KI - Behörden (administrativ - politisch)] * 0.16 + [KI - Finanzen] * 0.01 + [KI - Medien/Kultur] * 0.16 + [KI - Transport/Verkehr] * 0.16) * 100$$

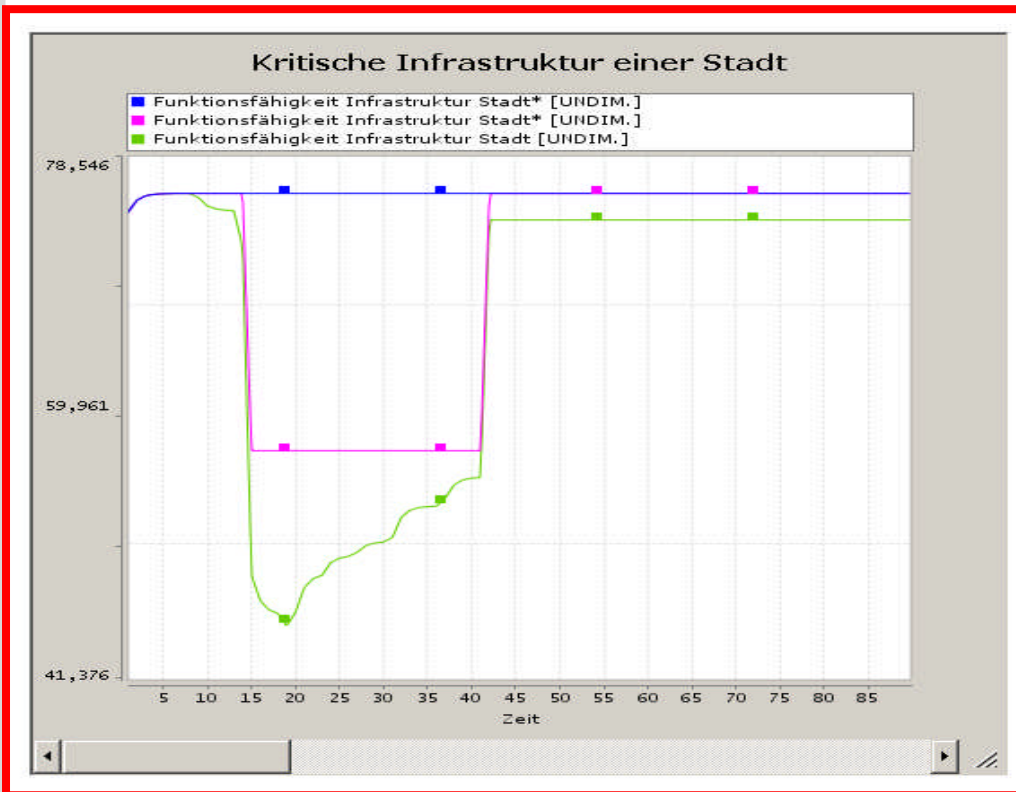
Gute Formel!

Benutze Wertebeziehung

OK Abbrechen



# Workflow Schritt 4: Simulationscockpit - Was-wäre-wenn-Szenarien



Input Energie [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input Energie
1.0	1.0
14.0	1.0
15.0	0.5
41.0	0.5
42.0	1.0
336.0	1.0

Einfügen Entfernen Verschieben

Kritische Infrastruktur einer Stadt

Zeit	Funktionsfähigkeit Infrastruktur Stadt [UNDIM.]
1	74,754
2	75,604
3	75,91
4	76,021
5	76,061
6	76,076
7	76,081
8	76,083
9	75,773
10	75,185
11	74,973
12	74,896
13	74,869
14	72,289
15	48,994
16	47,174
17	46,516
18	46,279
19	45,37
20	46,372
21	48,116
22	48,746
23	48,974
24	49,879
25	50,206
26	50,324
27	50,615
28	51,101
29	51,276
30	51,34
31	51,673
32	53,093
33	53,605
34	53,791
35	53,858
36	53,882
37	54,466
38	55,41
39	55,751
40	55,874
41	55,919
42	74,191
43	74,197



# Workflow Schritt 4: Simulationscockpit – Szenario - Tabellenmanipulatoren

Input GB (SF1) [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input GB (SF1)
1.0	0.0
8.0	0.0
9.0	0.5
13.0	0.5
14.0	0.1
336.0	0.1

Einfügen Entfernren Verschieben //

Input GB (SF2) [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input GB (SF2)
1.0	0.0
13.0	0.0
14.0	0.9
19.0	0.9
20.0	0.1
336.0	0.1

Einfügen Entfernren Verschieben //

Input GB (SF3) [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input GB (SF3)
1.0	0.0
13.0	0.0
14.0	0.8
22.0	0.8
23.0	0.1
336.0	0.1

Einfügen Entfernren Verschieben //

Input GB (SF4) [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input GB (SF4)
1.0	0.0
13.0	0.0
14.0	0.5
26.0	0.5
27.0	0.1
336.0	0.1

Einfügen Entfernren Verschieben //

Input GB (SF5) [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input GB (SF5)
1.0	0.0
13.0	0.0
14.0	0.7
30.0	0.7
31.0	0.2
336.0	0.2

Einfügen Entfernren Verschieben //

Input GB (SF6) [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input GB (SF6)
1.0	0.0
13.0	0.0
14.0	0.8
36.0	0.8
37.0	0.0
336.0	0.0

Einfügen Entfernren Verschieben //

Input GB (SF7) [UNDIM.] (Eingabe-Faktor)

Zeit	Input GB (SF7)
1.0	0.0
13.0	0.0
14.0	0.1
17.0	0.1
18.0	0.8
30.0	0.8
31.0	0.1
336.0	0.1

Einfügen Entfernren Verschieben //



# Danke für die Aufmerksamkeit!

