

MODELL AUSGEWÄHLTER
BRANCHEN ZUR SIMULATION
VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

NOA-TR-1

KLAUS NIEMEYER

1 INHALTSVERZEICHNIS

1 INHALTSVERZEICHNIS	2
2 EINFÜHRUNG	1
2.1 Systems Dynamics	2
2.2 Powersim	4
3 SYSTEM.....	6
3.1 Beschreibung des Systems.....	6
Spielstruktur.....	7
3.2 Zur Systemanalyse bzw. Systemtheorie.....	8
3.3 Konzeptioneller Ansatz zur Systemsimulation.....	13
3.4 Beschreibung des Systems in Kategorien des 'Systems Dynamics' auf einer hohen AbstraktionsEbene.....	13
Physischer Bereich.....	16
InformationsBereich.....	17
Sozialer Bereich	19
3.5 Massgrößen.....	20
4 MODELLDEFINITIONEN UND GLEICHUNGEN.....	27
4.1 Differentialgleichungen	27
Druck.....	27
Info	27
Infodruck	28
Leistung	28
Zufrieden	28

**MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION
VON KRITISCHEN STÖRUNGEN**

4.2 Variablen	29
4.3 Konstante Größen	36
5 EINGABEGRÖßEN	41
5.1 Technische Daten.....	42
5.2 Daten zur Definition des Szenarios	43
5.3 Leitungsdaten	45
5.4 Spielerdaten.....	46
5.5 Sensitivitätsanalysen.....	48

2 EINFÜHRUNG

Zur Durchführung von Planspielen für die Ausbildung, Erkenntnisgewinnung, und zur Förderung der Kommunikation in Arbeitsgruppen bzw. Krisenstäben ist ein begleitendes Instrumentarium erforderlich, dass auf systematische Weise die Umwelt der Spielteams simuliert. Mit dem Modell AKS soll dieser Zweck erreicht werden, wobei von vorneherein berücksichtigt werden muss, dass dies Modell nur als schneller Entwurf gesehen werden kann. Da so gut wie keine Erkenntnisse vorliegen, wie die Wechselwirkungen von Informationsnetzen mit den physikalischen und sozialen Systemen in mathematisch-logischer Form beschrieben werden können, wurde von Annahmen und Hypothesen ausgegangen, die zwar zunächst plausibel erscheinen, aber einer intensiven Prüfung und Falsifizierung bedürfen. Dies ist umso problematischer da von einer relativ hohen Systemebene ausgegangen werden muss.

Als Simulationsmethode wurde die 'Systems Dynamics' Methode gewählt, da sie für derartige Problemstellungen sehr gut geeignet ist und durch Vorliegen von komfortablen Softwareentwicklungsumgebungen wie 'Powersim' eine schnelle Modellentwicklung zulässt.

Das Programm AKS-Version 2.1 liegt der vorliegenden Dokumentation in den hier beschriebenen Gleichungen und Diagrammen zugrunde. Als Powersim wurde die Version Konstruktor 2.51 verwendet. Weiterführende Entwicklungen zum Modell AKS werden in den folgenden Dokumentationen beschrieben.

2.1 SYSTEMS DYNAMICS

Menschen leben in einer komplexen, dynamischen Realität von natürlichen und sozialen Systemen. Viele Systeme sind nicht im Gleichgewicht und der Zustand ändert sich kontinuierlich. Um dieses zu verstehen, sich anzupassen und um die Realität zu kontrollieren sind Methoden zu entwickeln und einzusetzen. Eine wichtige Methode ist die Beschreibung des Systems als formales Modell und die Nutzung auf einem Rechner in Sinne eines Berechnungsexperimentes.

Die mentalen Modelle des menschlichen Gehirns der Entscheidungsträger sind nicht in der Lage, die Komplexität, Variabilität und Vielfältigkeit der Prozesse der problematischen Systeme zu erfassen. Mit Hilfe von Computern ist es jedoch möglich auf explizite und anschauliche Weise die Zusammenhänge zu formulieren, zu programmieren und die Annahmen und Resultate an Entscheidungsträger zu vermitteln und damit eine konstruktive Kritik zu bewirken.

Speziell Simulationsmodelle können genutzt werden, um die unmittelbar existierenden Wechselwirkungen zwischen Struktur und Verhalten dynamischer Systeme zu untersuchen. Man kann problematisches Verhalten eines Systems in Zusammenhang bringen mit der Struktur des Systems und kann Veränderungen der Struktur zur Verbesserung des Verhaltens herausfinden.

Ende der 50iger Jahre wurde von J.W.Forrester die Methode der 'systems dynamics' für diese Zwecke entwickelt und vorgestellt. Seitdem wurde sie für vielfältige Probleme in großen Organisationen und Institutionen eingesetzt um Einsichten zu gewinnen durch die Entwicklung von Modellen der betrachteten Systeme und ihrer Nutzung beim Entwurf von Strategien und Konzepten und ihrer Umsetzung in taktische und operative Entscheidungen.

Um die impliziten Ursachen der Probleme der Struktur eines Systems zu identifizieren, sind die Modelle zu entwickeln, experimentell zu analysieren und zu modifizieren. Im „systems dynamics“ Kontext wird die Entwicklung des Modellkonzeptes und die Nutzung eines großen Spektrums an Kriterien für Vergleiche mit realen Systemen im Vordergrund gesehen, sowohl in struktureller Hinsicht als auch im Verhalten.

Eine Reihe von Eigenschaften komplexer Systeme werden von menschlichen mentalen Modellen nur sehr schwer erfasst. Zunächst ist die Ursache des dynamischen Verhaltens zu erfassen, das Verhältnis zwischen 'Fluss' und 'Niveau'. Niveaus sammeln den Fluss und der Fluss verursacht die Veränderung eines Niveaus. Obwohl im Grunde einfach, Menschen haben Schwierigkeit zwischen Fluss und Niveau zu

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

unterscheiden und die Konsequenzen von Flüssen auf die Höhe von Niveaus zu beurteilen.

Weiterhin ist es schwierig die zeitlichen Verzögerungen in realen Systemen zu erfassen. Diese verursachen zeitlich verschobene Verteilungen der Auswirkungen von Parametern und Wirkungen. Verzögerungen verführen Menschen dazu Priorität den kurzfristigen Ergebnissen zu geben und langfristige Auswirkungen zurückzustellen oder zu ignorieren und damit möglicherweise erheblich schlechtere Gesamtergebnisse erzielen.

Darüber hinaus gibt es Rückkopplungen, d.h. reale Systeme sind durch Wirkungen gekennzeichnet, die auf verursachende Parameter zurückwirken. Derartige Rückwirkungen können die Ursachen verstärken oder auch dämpfen, damit wird ein System instabil oder stabil. Wenn Menschen versuchen, die Rückkopplungen zu organisieren, sind Verstärkung oder Dämpfung richtig einzuschätzen um die Systemstabilität zu gewährleisten.

Letztlich gibt es in erheblichem Maße nicht-lineare Prozesse. Dies führt zu unproportionalen Abhängigkeiten, die nicht oder nur unzureichend beurteilt werden können. Derartige Charakteristika komplexer Systeme verdecken die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung und führen zu schwerwiegenden Fehlentscheidungen. Erfolgreiche Lösungen sind häufig entgegengesetzt zur menschlichen Intuition und schwer zu finden.

2.2 POWERSIM

Powersim ist eine Softwareentwicklungsumgebung, die auf einfache und schnelle Weise eine Programmierung, Test und Anwendung von Simulationsmodellen nach dem „systems dynamics“ Konzept ermöglicht.

Die Powersim-Simulationssprache ist so einfach und klar wie möglich gestaltet. Das Ziel der Entwickler bestand darin, eine Simulationssprache ohne überflüssigen Ballast aber mit maximaler Flexibilität, Anschaulichkeit und Leistungsfähigkeit zu erstellen.

Mit der Powersim-Simulationssprache kann ein vorgestelltes oder reelles System beschrieben werden. Es entsteht ein simulierbares Modell, dessen Verhalten Annahmen über das Verhalten des abgebildeten Systems ermöglicht.

Im wesentlichen besteht ein Modell aus miteinander in Beziehung stehenden Komponenten, den Variablen. Durch Definieren der Variablen und den Beziehungen zwischen ihnen entsteht ein Modell.

Zum Definieren von Simulationsmodellen stellt Powersim einen Diagrammeditor zur Verfügung. In diesem werden Variablen als graphische Objekte dargestellt, die durch Verbindungen und Flüsse verbunden werden können. Jede Verbindung steht für eine Beziehung zwischen den damit verbundenen Variablen. Die genaue Definition dieser Beziehung wird als Gleichung in der Powersim-Simulationssprache dargestellt.

In Powersim ist es möglich, die Modellstruktur und das Modellverhalten in ein und demselben Diagramm zu beobachten. Dabei stellen die Modellobjekte (Variablensymbole, Verbindungen und Flüsse) die Modellstruktur dar. Dynamische Objekte (Zeitdiagramme, Zeittabellen, etc.) können überall im Diagramm platziert werden, um das Modellverhalten im Verlauf der Simulation abzubilden.

Die Simulation eines Powersim-Modells, das nur Konstanten und Hilfsvariablen enthält, kann mit Berechnungen verglichen werden, wie sie Tabellenkalkulationen durchführen. Dabei entspricht eine Zelle innerhalb der Tabelle in Powersim einer Konstante bzw. einer Hilfsvariablen. In einer Tabelle können Zellen, die nur Zahlen enthalten, mit Powersim- Konstanten verglichen werden, während Zellen mit Formeln Powersim-Hilfsvariablen zugeordnet werden können. Ein Powersim-Modell, das nur Hilfsvariablen und Konstanten enthält, kann als statisch bezeichnet werden, da die einzelnen Variablen nicht auf vorausgegangene Werte zurückgreifen können. Wie die Zellen einer Tabellenkalkulation, haben die Hilfsvariablen bzw. die Konstanten in Powersim kein "Gedächtnis" und können deshalb keine echten dynamische Modelle erzeugen.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Dynamische Modelle entstehen erst durch das Hinzufügen von Niveaus. Ein Niveau verhält sich wie ein Akkumulator, bei jedem Simulationszeitschritt werden eingehende Flüsse zum vorigen Wert addiert und ausgehende Flüsse von diesem Wert subtrahiert. Im Gegensatz dazu wird der Wert einer Hilfsvariablen bei jedem Zeitschritt gemäß ihrer Definition neu berechnet und darf keinen Verweis auf sich selbst beinhalten.

Ein Fluß repräsentiert den Transport beliebiger Einheiten zwischen Niveaus. Dieser kann auch eine Quelle (Ursprung) oder eine Senke (Ziel) enthalten, die außerhalb des abgebildeten Systems liegt. In diesem Fall wird statt der Niveauvariablen am Anfang bzw. am Ende des Flusspfeiles ein Wolkensymbol angezeigt.

Im Diagramm werden Flüsse als Doppelpfeile (Rohre) dargestellt, die den Transport von Einheiten in oder aus einem Niveau veranschaulichen. Dabei wird die Größe des Flusses von der Variablen gesteuert, die mit dem Fluss-"Ventil" verbunden ist. Diese Variable wird als Rate bezeichnet. Bei der "Raten"-Variablen handelt es sich nicht um einen eigenen Variablentyp, da jede Variable als Rate verwendet werden kann.

3 SYSTEM

3.1 BESCHREIBUNG DES SYSTEMS

Das System besteht im wesentlichen aus den modernen Informationsnetzen, welche eine hohe Vielfalt an Kommunikation, Steuerung, Regelung, Datenverkehr, usw. zwischen vielen Schaltstellen und Sensoren der Produktion und Dienstleistungsbranchen der Volkswirtschaft sicherstellen. Die Informationsnetze bestehen aus klassischen Kabelnetzen auf Kupfer und Glasfaser basierend und aus funktechnischen Richtstrecken im physischen Bereich. Zusätzlich sind die Informationsnetze charakterisiert durch die auf den physischen Netzen installierten logischen, virtuellen Netze mit der digitalen Informationstechnik. Die Informationsnetze durchdringen inzwischen mehr oder weniger intensiv alle volkswirtschaftlichen Branchen und werden vor allem genutzt um eine Rationalisierung in den Produktion und Dienstleistungsprozessen voranzutreiben. Damit erhöht sich die Produktivität deutlich, bei gleichem Aufwand ist mehr Leistung zu erzielen.

Es hat sich durch eine Reihe von Ereignissen in letzter Zeit gezeigt, dass diese Informationsnetze, insbesondere die logische Komponente, verwundbar sein können. Es wird befürchtet, dass durch die Offenheit der Systeme für das allgemeine Publikum auch Zugang geschaffen wird für zerstörerische Angriffe mit Viren, Softwarewürmern, und dergleichen. Gleichzeitig wird befürchtet, dass durch die hochgradige Vernetzung die Verwundbarkeit zunimmt und durch den hohen Nutzungsgrad ein hoher volkswirtschaftlicher Schaden bei Störungen oder Totalausfällen entsteht. Da die Netze nicht unabhängig voneinander sind, ist ferner eine Rückkopplung branchenübergreifend annehmbar.

Obwohl die Informationsnetze wesentlicher Kern der Untersuchung bzw. in der beabsichtigten Anwendung der Simulation von Störungen als Hintergrund von Übungen von Krisenstäben sind, so sind die Auswirkungen doch nur anhand der Produktivität des Produktion und Dienstleistungsapparates der Volkswirtschaft bzw. einzelner Branchen zu messen. Gleichzeitig ist der Nutzer dieser Produktivität auch ein zusätzlicher Nutzer der Informationsnetze mit vielfältigen Diensten, z.B. Video, Telephonie, usw. Der Nutzer ist der Mensch bzw. in seiner Gesamtheit der soziale

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Verbund einer Gesellschaft. Die Resultate sind auf der Gesellschaftsebene in einer allgemeinen Zufriedenheit der Bevölkerung zu bemessen.

Die Systembeschreibung soll und kann nur als ein sehr generisches Muster dienen. In der Ausgestaltung in einem realen Krisenspiel mit Vertretern einzelner Branchen ist eine Systembeschreibung in Attributen und Ereignissen anzufertigen, die der realen Lage entspricht. Diese Beschreibung führt dann zum Szenario des angestrebten Krisenspieles.

SPIELSTRUKTUR

Es wird angenommen, dass eine Krise der Störung eines Informationsnetzes auf der Grundlage einer stabilen volkswirtschaftlichen Lage entsteht. Diese Krise ist zunächst zu erkennen, es ist ein Krisenstab zu bilden und der Krisenstab hat geeignete Maßnahmen zu finden und umzusetzen. Es wird angenommen, dass die Aufgabe im Spiel vor allem darin besteht sich zu organisieren, gemeinsame Lösungen zu suchen und umzusetzen. Da heute niemand vorhersagen kann, wie, wo, oder wann Informationskrisen ist es auch mit einem denkbaren Modell nicht möglich. Wäre es möglich, dann könnten genau diese vorhersagbaren Störungen durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.

Der Spielaufbau besteht aus dem Krisenstab und der Leitung. Der Krisenstab tritt zusammen, wenn er dieses beschließt um gemeinsam zu handeln. Der Krisenstab besteht aus Vertretern der Branchen, nicht repräsentierte, aber wichtige Branchen werden durch die Leitung bzw. durch den Veranstalter wahrgenommen. Die Leitung betreibt das hier beschriebene Simulationsmodell, um eine gemeinsame Richtschnur der Entwicklung des Szenariums zu besitzen. Das Modell ist dem Szenarium, sobald es vorliegt, in geeigneter Weise anzupassen, indem reale Maßgrößen den generischen, relativen Größen des Modells zugeordnet werden.

Der Ablauf der Veranstaltung ist ein Wechsel zwischen Seminar mit Vorträgen und Diskussionen zur Problematik und das Spiel in logischer Abfolge von Ereignissen mit wesentlichen Phasen der Prävention, der Störung, dem Erkennen, dem Verhindern von massiven Auswirkungen, dem Beseitigen der Störung, und dem Zurückkehren zum Normalzustand. Dies wird begleitet durch die quantitative Bewertung des Modells mit einer teilweise automatischen Generierung von Ereignissen.

Bild 1 zeigt die prinzipiellen Wechselwirkungen in einem Spiel. Die unterschiedlichen Ziele und Zwecke des Spieles werden durch Betonung der entsprechenden Wechselwirkungen hervorgehoben.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION
VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

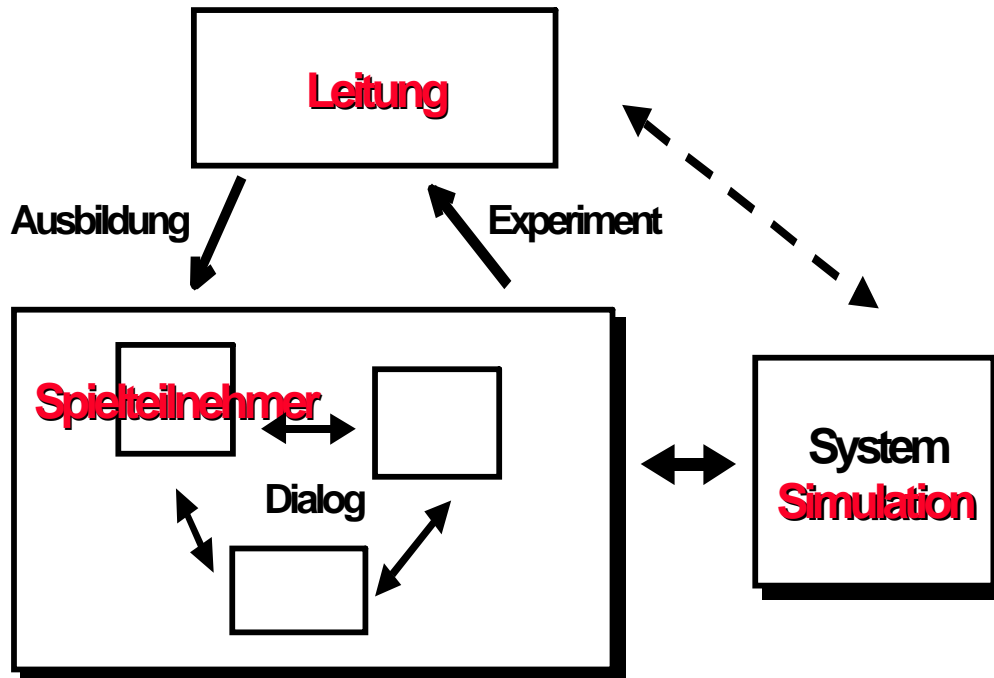


Bild 1: Ziele und Struktur von Spielen

3.2ZUR SYSTEMANALYSE BZW. SYSTEMTHEORIE

Der aus dem angelsächsischen Sprachgebiet übernommene Begriff Systemanalyse (systems analysis) und das damit bezeichnete Arbeitsgebiet hat in den letzten Jahrzehnten eine steigende Bedeutung bei der Planung und Beurteilung großer und komplexer Systeme bekommen. die Systemanalyse wird zunehmend als Hilfsmittel bei der Entscheidungsfindung in vielen Bereichen der Wirtschaft und Industrie, des Verkehrs, der Forschung und Entwicklung, der Verteidigung und des Umweltschutzes eingesetzt. Dem liegt die Einsicht zugrunde, dass die Wechselwirkungen menschlicher Aktivitäten mit dem technologischen Fortschritt so vielfältig und für Einzelindividuen unüberschaubar werden.

Damit bedarf es einer besonderen Anstrengung, um die Wechselwirkungen in ihrer Entwicklung unter Kontrolle zu halten. Gerade die deutlich werdenden

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Fehlentwicklungen z.B. großer sozial technischer Systeme mit ihren Auswirkungen auf Umwelt und Sicherheit zeigen die Notwendigkeit einer über die Grenzen einzelner Fachdisziplinen hinausgreifenden Analyse, die das gesamte System im Sinne einer möglichst umfassenden Ganzheitsbetrachtung zu erfassen sucht. Der systemtheoretische Ansatz wird zunehmend auf alle Bereiche der Erkenntniswirklichkeit angewendet und ist damit auch eine wesentliche Basis neuzeitlicher wissenschaftstheoretischer Überlegungen.

Beim Versuch, die Systemanalyse abzugrenzen, zeigt sich, dass jede Art der analytischen untersuchenden Tätigkeit d.h. im weitesten Sinne auch die der wissenschaftlichen Forschung so bezeichnet werden kann, da der Gegenstand einer Untersuchung und Forschung immer ein irgendwie geartetes System ist. Ein System ist danach ganz allgemein ein in sich geschlossenes Ganzes, das aus einer Menge an Elementen besteht, die in Wechselwirkung zueinander stehen. Alle Elemente, die nicht zur Menge der Elemente des Systems zählen, gehören zur Umwelt des Systems. Was jeweils als Umwelt oder als System gilt, hängt im Einzelfall vom Erkenntnisziel bzw. von der Fragestellung ab.

Die Systemanalyse ist ein Teil der Systemforschung und mit Disziplinen wie der Systemplanung, System-Engineering, Operations Research, Kybernetik oder Synergetik eng verbunden. Dabei bestehen keine klaren Abgrenzungen, zum Teil sind die Arbeitsbereiche identisch. Wichtige grundlegende Theorien, Erkenntnisbereiche und Instrumentarien der Systemanalyse sind z.B. die Modelltheorie, Simulationstheorie, Entscheidungstheorie, Nutzentheorie bis hin zu den mathematischen und informationstechnischen Verfahren und Hilfsmitteln.

Den Definitionen der Systemanalyse in der Literatur liegt im wesentlichen die Betrachtung eines gesamten Systems zugrunde, wobei der Begriff des Systems in einem etwas eingeschränkten Sinne durch folgende Merkmale charakterisiert wird:

- Das System wird von Menschen entwickelt, gebaut und geändert. Damit werden alle natürlichen Systeme ausgeschlossen.
- Das System hat einen bestimmten Zweck. Alle Komponenten des Systems tragen dazu bei, aus bestimmten Eingabegrößen optimale Ergebnisse zu erreichen.
- Das System ist sehr groß, bezogen auf die Anzahl an unterschiedlichen Bestandteilen, zu leistenden Funktionen und bezogen auf den Aufwand.
- Das System ist dynamisch. Die wichtigsten Größen des Systems sind über die Zeit als variabel zu betrachten.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

- Das System ist komplex. Die Änderung einer Größe des Systems beeinflusst eine große Anzahl anderer Variablen, im seltensten Falle in einem linearen Zusammenhang.
- Das System ist halbautomatisch. Bestimmte Funktionen in dem System werden durch Menschen wahrgenommen, andere Funktionen laufen automatisch ab und werden durch technische Einrichtungen verrichtet.
- Das System ist interdisziplinär. Nach seinen Eigenschaften kann es den verschiedensten wissenschaftlichen Bereichen zugeordnet werden.
- Das System ist offen. Es existiert ein Austausch an Material, Energie oder Information mit der Systemumwelt.

Zusätzlich haben manche Systeme folgende Eigenschaften:

- Das System befindet sich in einer Konkurrenzumwelt. Der Zweck anderer Systeme ist es, die Wirksamkeit des betrachteten Systems zu beeinträchtigen und gegebenenfalls zu minimieren. Konkurrenzsysteme liegen vor allem in dem Wirtschafts- und Verteidigungsbereich vor.
- Einige Bestimmungsgrößen des Systems sind stochastischer Natur. Es ist damit unmöglich, die exakte Leistung oder Wirkung des Systems zu jedem Zeitpunkt vorherzusagen.
- Das System soll erst in der Zukunft existieren. Damit wird es notwendig, auf der Basis des Bekannten zu Aussagen zum System in prognostischer Art zu kommen.
- Die Systementwicklung erstreckt sich über eine relativ große Zeitspanne. Die Dynamik der wissenschaftlichen Forschung und technischen Entwicklung bedingt sich rasch ändernde Umweltbedingungen und Voraussetzungen und erhöht somit das Risiko der Systemplanung.
- Die Auswirkungen falscher Entscheidungen bei der Systementwicklung sind relativ groß und oft irreparabel.

Soweit im vorliegenden Zusammenhang der Begriff System benutzt wird, ist er im Sinne dieser Systemeigenschaften zu verstehen.

Nach der Systemtheorie können Systeme hierarchisch gegliedert werden. Die Elemente sind die kleinsten jeweils betrachteten Einheiten des Systems. Sie sind bestimmt durch den Grad der Auflösung und sie grenzen das System gegenüber der Mikrowelt ab. Die Abgrenzung wird bestimmt durch die noch intellektuell und/oder technisch gleichzeitig manipulierbare Menge der Elemente und deren

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Wechselwirkungen sowie dem Zweck der Betrachtung. Für sich genommen sind die Elemente aggregierte Subsysteme in Bezug zum gerade betrachteten System.

Ebenso führt die Verbindung von Systemen zu neuen Einheiten, die als Supersysteme bezeichnet werden. Je nach Vorgehensweise in der Betrachtung der Systeme wird die Ganzheitsmethode ("top-down") oder die Stückwerkermethode ("bottom-up") unterschieden. In der Ganzheitsmethode wird zu Beginn vom ganzen System ausgegangen, welches im weiteren Verlauf der Betrachtungen mehr und mehr je nach Zielsetzung und Möglichkeiten in Elemente aufgefasst wird. Dieser analytischen Vorgehensweise d.h. der gedanklichen Auflösung eines Ganzen in seine Teile ist gegenüber der synthetischen Vorgehensweise d.h. der Zusammensetzung eines Ganzen aus einzelnen Teilen der Vorzug zu geben, da die Gesamtzusammenhänge nie verloren gehen.

In diesem Zusammenhang wird auch die Systemanalyse heute zunehmend sowohl im erkenntnistheoretisch/analytischen als auch im gestalterisch/planenden Sinne gesehen und mit ihren wissenschaftlichen Hilfsmitteln methodisch genutzt.

Das wesentlichste Element jeder systemtheoretischen Betrachtung ist das Modell. Es soll dazu dienen, das System zu erkennen und zu beschreiben und damit intersubjektiv zugänglich zu machen. Es soll ferner genutzt werden, um quasi experimentell Neugestaltungen des Systems zu untersuchen, bevor unvorhergesehene irreparable und negative Auswirkungen am realen System auftreten. Nach einer gedanklichen Aufbereitung (semantisches Modell) wird das System zunächst in einer systematischen Beschreibung in einer Umgangssprache erfasst und so gut, wie es die Sprache zulässt, definiert (umgangssprachliches Modell).

Aus dieser Systembeschreibung resultiert in der Folge die Entwicklung z.B. präziserer mathematischer Modelle. Je nach Art des Systems und je nach Zweckmäßigkeit gibt es verschiedene Ordnungsprinzipien, nach denen diese Systembeschreibung durchgeführt werden kann. Hier soll eine Möglichkeit kurz skizziert werden. Die Systembeschreibung kann folgendermaßen gegliedert werden:

- Status des Systems zu irgendeinem beliebigen Zeitpunkt.
- Änderung des Systems über die Zeit, d.h. die Dynamik des Systems.

Zur statischen Beschreibung kann das System in die Elemente und Bestandteile des Systems aufgelöst betrachtet werden. Die Elemente lassen sich dabei gruppieren in

- permanente Elemente, die ständig im System vorhanden sind,
- temporäre Elemente, die nur zeitweise im System vorhanden sind und auftauchen bzw. verschwinden können.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Den Elementen lassen sich Eigenschaften oder Attribute zuordnen, die dann auch unter Umständen quantitativ erfassbar sind. Die Beschreibung der Dynamik des Systems lässt sich gliedern in kontinuierliche Änderungen der Zustandsgrößen über die Zeit (stetige Funktionen) und Änderungen der Zustandsgrößen zu bestimmten Zeitpunkten, die abrupt in Form von Ereignissen auftreten, wobei die Dauer eines Ereignisses vernachlässigbar klein ist (Sprungfunktionen). Die Relationen zwischen den Systemelementen und zwischen System und Systemumgebung sowohl hinsichtlich der Mikro- als auch der Makroumwelt sind durch die Wirkungsbeziehungen oder Funktionen beschrieben, welche aufgrund von Aktivitäten ausgehen. Nach der Systemtheorie wird eine auf das System gerichtete Aktivität als Input, eine vom System auf die Umwelt gerichtete Aktivität als Output bezeichnet.

Die Menge aller Relationen bestimmt die Struktur des Systems. Die Aktivitäten unterscheiden sich in

- endogene Aktivitäten, die von innen aus dem System heraus verursacht werden,
- exogene Aktivitäten, die von der Systemumwelt verursacht werden und das Verhalten des Systems beeinflussen.

Weiterhin muss neben einer Systembeschreibung eine Beschreibung der Umwelt, in der das System eingesetzt wird, durchgeführt werden. Diese Umweltbeschreibung sollte alles enthalten, was die Wirkung des Systems beeinflussen könnte. Das Systemverhalten, insbesondere das Input-Output-Verhalten, über die Zeit ist ein wesentliches Ergebnis systemanalytischer Betrachtung und gibt die Basis für weiterführende Beurteilungen. Das Systemverhalten ist stochastisch, wenn aufgrund von endogenen Zufallsprozessen nur statistisch relevante Ergebnisse feststellbar sind. Ein determiniertes Systemverhalten ist gegeben, wenn bei gleichen Inputs in das System immer gleiche Outputs zu erwarten sind.

Das Systemverhalten ist ferner wesentlich dadurch gekennzeichnet, inwieweit es stabil auf bestimmte Inputs reagiert, d.h. wie robust es sich in Bezug auf Änderungen der Umwelt verhält. Dies ist in starkem Maße bedingt durch die mehr oder weniger im System vorhandenen Fähigkeiten der Regelung, der Steuerung, des Lernens und der rationalen Intelligenz.

3.3 KONZEPTIONELLER ANSATZ ZUR SYSTEMSIMULATION

In der vorliegenden Arbeit wird im wesentlichen der top-down Ansatz verfolgt. Ausgehend von einer Gesamtbetrachtung wird das nur in Umrissen erkennbare und zunächst nur vage umgangssprachlich beschriebene System in Elementbereiche eingeteilt. Dabei wird versucht auf einer hohen Abstraktionsebene Wirkungsgrößen und Zusammenhänge zu postulieren, die in ein Modell umgewandelt werden können und mit angenommenen (bzw. empirischen) Daten als Simulation oder Berechnungsexperiment genutzt werden können. Dies Modell auf hoher Abstraktionsebene wird als erstes und schnelles Rechenverfahren gesehen, welches zunächst nur die Zusammenhänge testet und gedanklich systematisch aufbereitet.

Ein Modell auf hoher Abstraktionsebene muss im Verlauf der weiteren Untersuchungen zunehmend detailliert werden. Diese Auflösung führt zu neuen Modellansätzen und Betrachtungen für Ausschnitte des Systems. Die diesbezüglichen Arbeiten sind in weiteren Berichten dokumentiert.

3.4 BESCHREIBUNG DES SYSTEMS IN KATEGORIEN DES 'SYSTEMS DYNAMICS' AUF EINER HOHEN ABSTRAKTIONSEBENE

Auf einer hohen Abstraktionsebene wird das zu simulierende System durch Größen bestimmt und beschrieben, die immer relativ zu einem maximal möglichen Wert definiert sind. Auf diese Weise wird eine Festlegung von absoluten Werten zunächst nicht notwendig, da die Größen ohne Dimension festgelegt sind und nur die Werte zwischen 0 und 1 annehmen dürfen bzw. auch als Prozentwerte zwischen 0 und 100 variieren können. Relative Größen dieser Art erlauben auch die quantitative Erfassung von frei gewählten, normalerweise nur qualitativ beschreibbaren Größen wie z.B. „Zufriedenheit“, „Änderungsdruck“, oder „Sättigung“ insbesondere in Bereichen, in denen keine oder nur begrenzte empirische Daten vorliegen. Mit relativen Größen lassen sich schnell abstrakte Modelle erzeugen. Diese haben jedoch den Nachteil der relativ großen Ferne zu empirischen bzw. prinzipiell messbaren Daten und sind daher hoch spekulativ.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Im vorliegenden Modell werden die Elemente in drei Bereiche unterteilt. Die Bereiche sind der physische Bereich, die Informationsbereich und der soziale Bereich. Der physische Bereich enthält alle Komponenten, die sich physisch definieren, messen und beschreiben lassen. Der Informationsbereich enthält alle Komponenten, die einem Informationsnetz zuzuordnen sind. Dies sind vor allem die logischen Verknüpfungen, Prozeduren, Programme, Daten, die auch unter Sammelbegriffen 'Software', 'Datenbanken', etc geführt werden können. Rechner, Kabelverbindungen, Schalter, Speichermedien, usw. d.h. 'Hardware' sind dagegen physische Komponenten. Der soziale Bereich enthält die menschlichen Komponenten, Gruppen, Hierarchien, Organisationen, usw. Der soziale Bereich könnte in die physischen und informationellen Elemente aufgeteilt werden. Da sie jedoch wichtige Rückkopplungen enthält, soll der soziale Bereich explizit identifiziert und modelliert werden. Bild 2 zeigt die hier gewählte Einteilung in diese Bereiche.

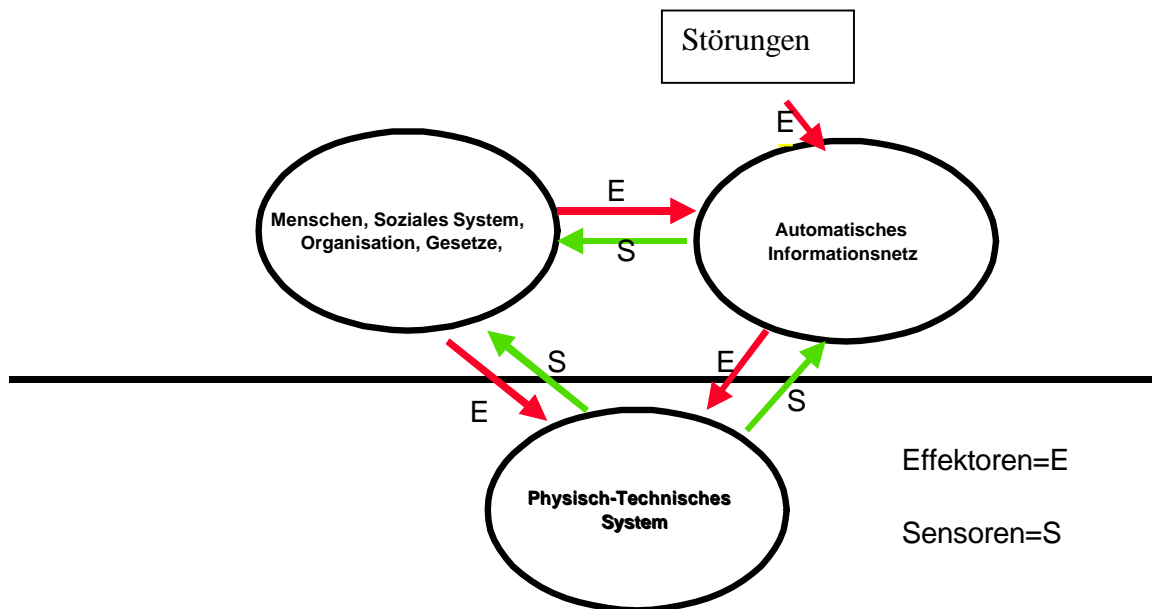


Bild 2: Einteilung in Bereiche

Für jeden Bereich lassen sich Branchen eines Gesellschaftssystems festlegen und beschreiben. Als Beispiel sollen hier die sechs Branchen Energiewirtschaft, Informationswirtschaft, Öffentliche Verwaltung, Ordnungskräfte, Verkehrswesen, und Finanzwesen betrachtet werden. In Tabelle 1 sind reale Objekte den Branchen und Bereichen zur Erläuterung zugeordnet.

<i>Branchen</i>	Physischer Bereich	Informationsbereich	Sozialer Bereich
-----------------	--------------------	---------------------	------------------

**MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION
VON KRITISCHEN STÖRUNGEN**

Branchen	Physischer Bereich	Informationsbereich	Sozialer Bereich
Energiewirtschaft	Kraftwerke, Raffinerien, Pipelines, Tankstellen, Stromnetz	Verbraucherverteil ung, Abrechnung, Steuerung des Stromnetzes	Aktionäre, Verbraucher, Anti- Atom-Bewegung
Information	Medien, Fernsehen, Zeitungen, Stationen, Satelliten, Telefonnetz, Rechner, Server	Virtuelles Netz, Betriebssysteme, Software, Datenbanken, Internet, Anwendungen, Medieninhalte	Anwender, Verbraucher, Provider, Meinungsmacher
Öffentliche Verwaltung	Arbeitszeit von Beamten in der Verwaltung	Verwaltungsprozes se, Verordnungen, Anweisungen	Öffentliche Meinung
Ordnungskräfte	Polizei, Bundeswehr, Hilfsdienste	Kontrolle, Regelung, Sicherheit, Schutz	Öffentliche Meinung
Verkehrswesen	Strassen- und Schienennetz, Knoten, Flugplätze, Häfen, Bahnhöfe,	Pläne, Netze, Regelung, Logistik	Verkehrsteilnehmer , Verbraucher
Finanzwesen	Banken, Versicherungen, Banknoten	Konten, Transfers, Policen	Verbraucher

***Tabelle 1: Beispiel der Zuordnung einiger Elemente und Eigenschaften der
Branchen zu den Bereichen.***

PHYSISCHER BEREICH

In Bild 3 ist der physische Bereich in den wichtigsten Wirkungen definiert, und beschreibt bereits in graphischen Elementen der Powersim Simulationssprache die Struktur des Simulationsmodells AKS 2.1. Die Leistung als relative Größe beschreibt für jedes Element in allen Branchen den Beitrag zum Gesamtergebnis des betrachteten Systems. Das Gesamtergebnis oder der Erfolg des Systems wirkt sich in der Folge auf die Zufriedenheit des sozialen Systems im sozialen Bereich aus. Die Leistung einer Branche wird in hohem Maße durch die Leistung anderer Branchen beeinflusst. Außerdem wird die Leistung durch Störungen aus der Umwelt beeinträchtigt.

Jedes System besitzt innere Kräfte, die Abläufe und Prozesse in Bewegung halten und die Leistung produzieren. Diese Abläufe werden im Sinne eines Regelkreises verstärkt, wenn die Leistungen nicht mehr den gewünschten Sollwerten entsprechen. In dem vorliegenden Ansatz wird diese Änderung durch die Größe des Änderungsdruckes erfaßt. Dieser Änderungsdruck wirkt nur zeitverzögert auf die Leistung und ist definitionsgemäß von der Leistung abhängig. Dieser Änderungsdruck wird von der Zufriedenheit im sozialen Bereich gesteuert und ist ebenso wie die Leistung von der Information abhängig.

**MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION
VON KRITISCHEN STÖRUNGEN**

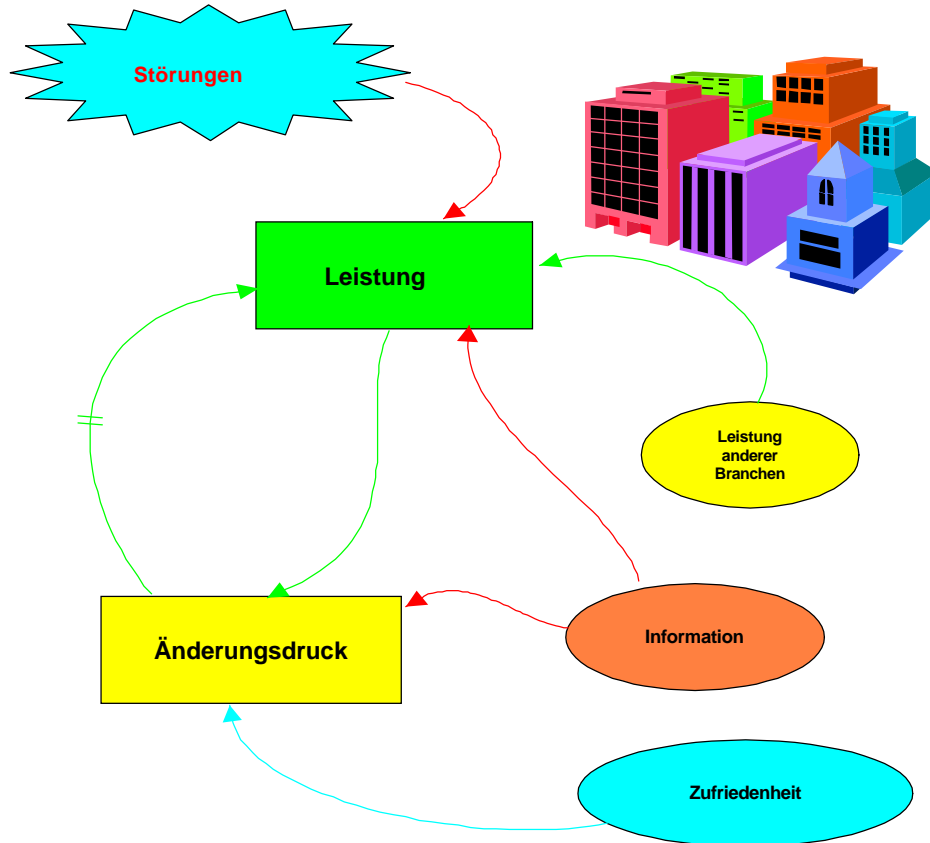


Bild 3: Relative Größen und Wechselwirkungen im physischen Bereich

INFORMATIONSBEREICH

In Bild 4 ist analog zum physischen Bereich der Informationsbereich in den wichtigsten Wirkungen definiert, und beschreibt bereits in graphischen Elementen der Powersim Simulationssprache die Struktur des Simulationsmodells AKS 2.1. Die Information als relative Größe beschreibt für jedes Element in allen Branchen den Beitrag zum Gesamtergebnis des betrachteten Systems. Das Gesamtergebnis oder der Erfolg des Systems wirkt sich in der Folge auf die Zufriedenheit des sozialen Systems im sozialen Bereich aus. Die Information einer Branche wird in hohem Maße durch die Information anderer Branchen beeinflusst. Außerdem wird die Information durch

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Störungen aus der Umwelt beeinträchtigt. Die Information ist zusätzlich von der Leistung im physischen Bereich abhängig.

Jedes System besitzt innere Kräfte die Abläufe und Prozesse in Bewegung halten und die Information produzieren. Diese Abläufe werden im Sinne eines Regelkreises verstärkt, wenn die Informationen nicht mehr den gewünschten Sollwerten entsprechen. In dem vorliegenden Ansatz wird diese Änderung durch die Größe des Änderungsdruckes erfaßt. Dieser Änderungsdruck wirkt nur zeitverzögert auf die Information und ist definitionsgemäß von der Information abhängig. Dieser Änderungsdruck wird von der Zufriedenheit im sozialen Bereich gesteuert.

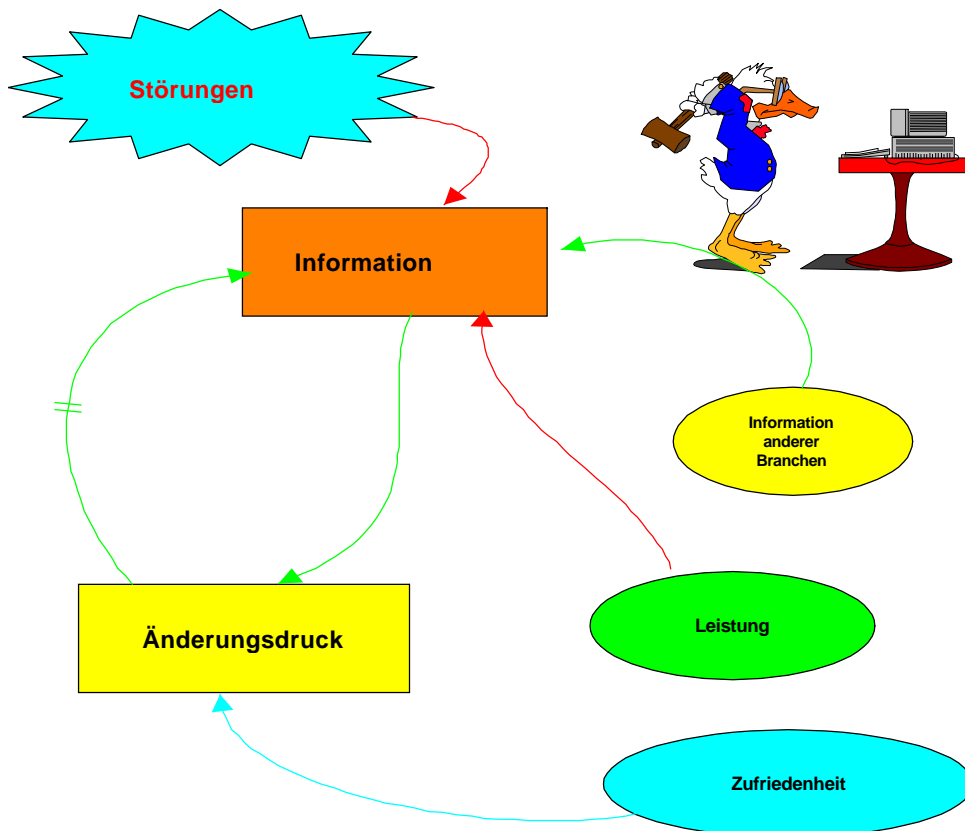


Bild 4: Relative Größen und Wechselwirkungen im Informationsbereich

SOZIALER BEREICH

In Bild 5 ist der soziale Bereich in den wichtigsten Wirkungen definiert, und beschreibt bereits in graphischen Elementen der Powersim Simulationssprache die Struktur des Simulationsmodells AKS 2.1. Die Zufriedenheit als relative Größe beschreibt für jedes Element in allen Branchen den Beitrag zum Gesamtergebnis des betrachteten Systems. Das Gesamtergebnis oder der Erfolg des Systems wirkt sich in der Folge auf die Gesamtzufriedenheit aus. Die Zufriedenheit einer Branche wird in hohem Maße durch die Leistung und die Information aus den anderen Bereichen beeinflusst.

Jedes System besitzt innere Kräfte die Abläufe und Prozesse in Bewegung halten und die Leistung produzieren. Diese Abläufe werden im Sinne eines Regelkreises verstärkt, wenn die Zufriedenheit nicht mehr den Sollwerten entsprechen. In dem vorliegenden Ansatz wird diese Änderung durch die Größe des Änderungsdruckes erfaßt. Dieser Änderungsdruck wirkt nur zeitverzögert auf die Zufriedenheit und ist definitionsgemäß von der Zufriedenheit abhängig. Dieser Änderungsdruck ist auch von der Leistung und von der Information abhängig.

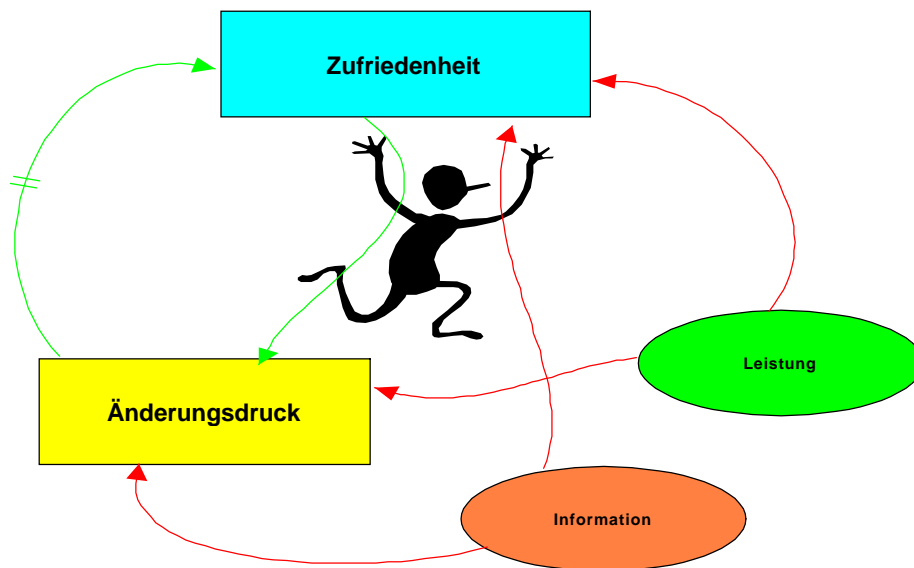


Bild 5: Relative Größen und Wechselwirkungen im sozialen Bereich

3.5 MASSGRÖßEN

Für alle definierten Bereiche des Systems werden einheitliche relative Maßgrößen angenommen. (Bild 6). Diese Maßgrößen sind so definiert, dass sie nicht kleiner als null und nicht größer als eins werden können. Damit sind sie immer als relative Größe zu sehen, der Wert ist immer bezogen auf einen maximal möglichen realen Wert. Die Umsetzung in reale Werte kann in der praktischen Anwendung durch Multiplikation mit dem angenommenen realen maximalem Wert erfolgen.

Für den physische Bereich wird als zentrale Maßgröße die '*Leistung*' eingeführt. Diese Maßgröße gilt für alle möglichen Branchen gleichermaßen. Um den absoluten, realen Leistungswert zu ermitteln, ist also für alle Branchen ein branchenabhängiger Wert anzunehmen, der die maximale reale Leistung beschreibt, wenn die relative Maßgröße '*Leistung*' den Wert eins haben sollte. In Powersim kann auch mit angenommenen Kalibrierungsfunktionen gearbeitet werden, wenn die Zuordnung nicht eins zu eins vorgenommen werden soll. Im vorliegenden Modell wird die absolute Größe als '*Erfolg*' bezeichnet. Die Maßeinheit ist branchenspezifisch und kann beispielsweise in Megawatt, Tonnen Dieseltreibstoff, Anzahl Überstunden, Geldmenge, Passagierkilometer, Staukilometer pro Tag, usw. festgelegt werden. Während die generische '*Leistung*' nur modellintern existiert, ist die absolute Größe '*Erfolg*' als Ergebnis den Nutzern des Modells, den Spielteilnehmern, verfügbar.

Die *Leistung* nimmt mit der Zeit zu mit dem Gradienten *Leistungszunahme* und ab mit dem Gradienten *Leistungsabnahme*. Die *Leistung* nimmt darüber hinaus ab, wenn von außen, von der Leitung in einem Spiel, eine Störung eingespielt wird. Die *Leistungszunahme* und die *Leistungsabnahme* werden aus anderen Größen bestimmt.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

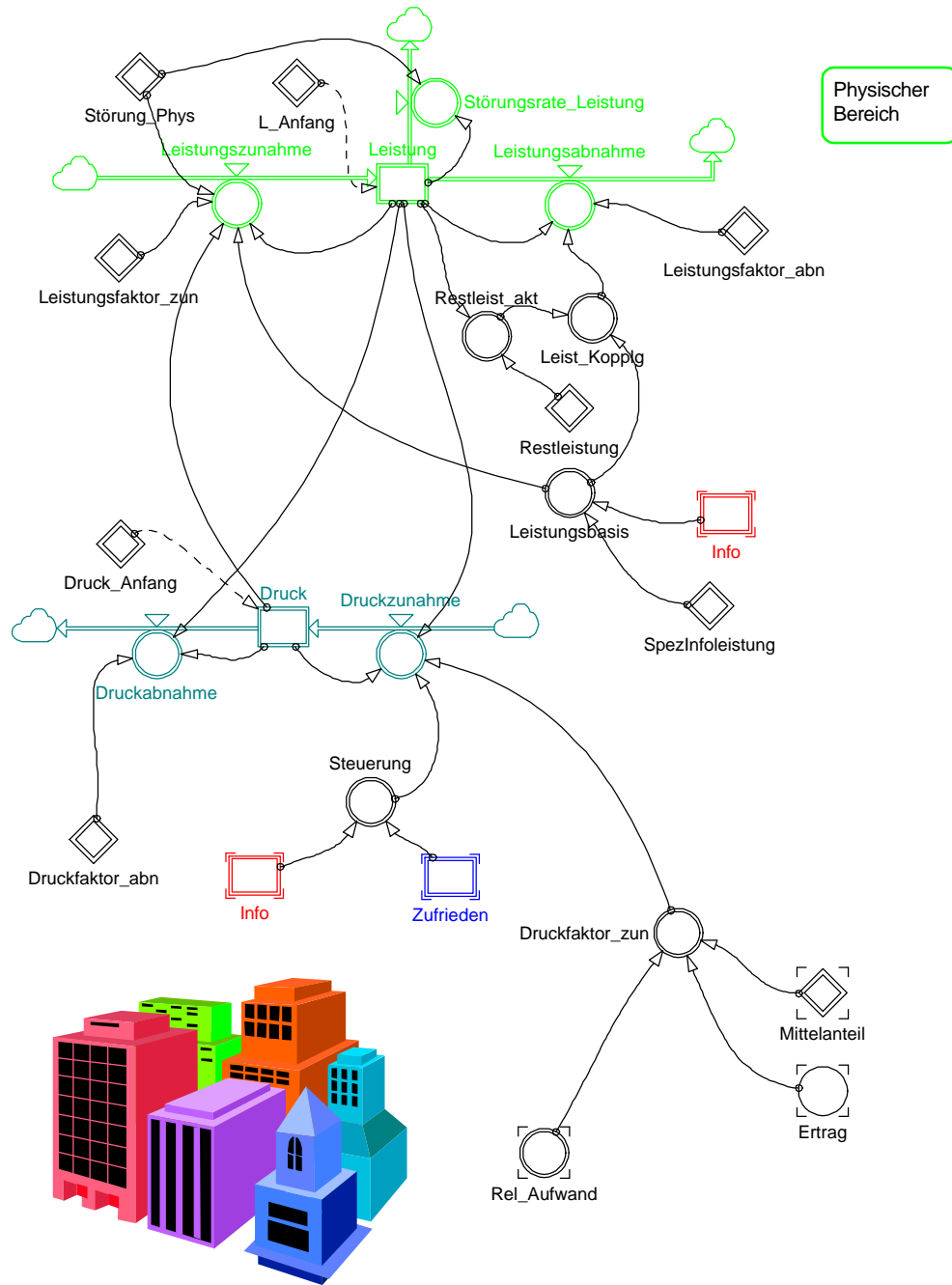


Bild 6: Powersim Diagramm des physischen Bereiches.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Für den Informationsbereich wird analog zum physischen Bereich als zentrale Maßgröße die *Info* eingeführt. (vgl. Bild 7). Diese Maßgröße gilt für alle möglichen Branchen gleichermaßen. Um den absoluten, realen Informationswert zu ermitteln, ist also für alle Branchen ein branchenabhängiger Wert anzunehmen, der die maximale reale Information beschreibt, wenn die relative Maßgröße *Info* den Wert eins haben sollte. In Powersim kann auch mit angenommenen Kalibrierungsfunktionen gearbeitet werden, wenn die Zuordnung nicht eins zu eins vorgenommen werden soll. Im vorliegenden Modell wird die absolute Größe als *Information* bezeichnet. Die Maßeinheit ist branchenspezifisch und kann beispielsweise in Megabyte, Anzahl Regelvorgänge, Anzahl Vorschriften pro Tag, Nachrichten pro Tag, usw. festgelegt werden. Während die relative *Info* nur modellintern existiert, ist die absolute Größe *Information* als Ergebnis den Nutzern des Modells, den Spielteilnehmern, verfügbar.

Die *Info* nimmt mit der Zeit zu mit dem Gradienten *Infozunahme* und ab mit dem Gradienten *Infoabnahme*. Die *Leistung* nimmt darüber hinaus ab, wenn von außen, von der Leitung in einem Spiel, eine Störung eingespielt wird. Die *Infozunahme* und die *Infoabnahme* werden aus anderen Größen bestimmt.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION
VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

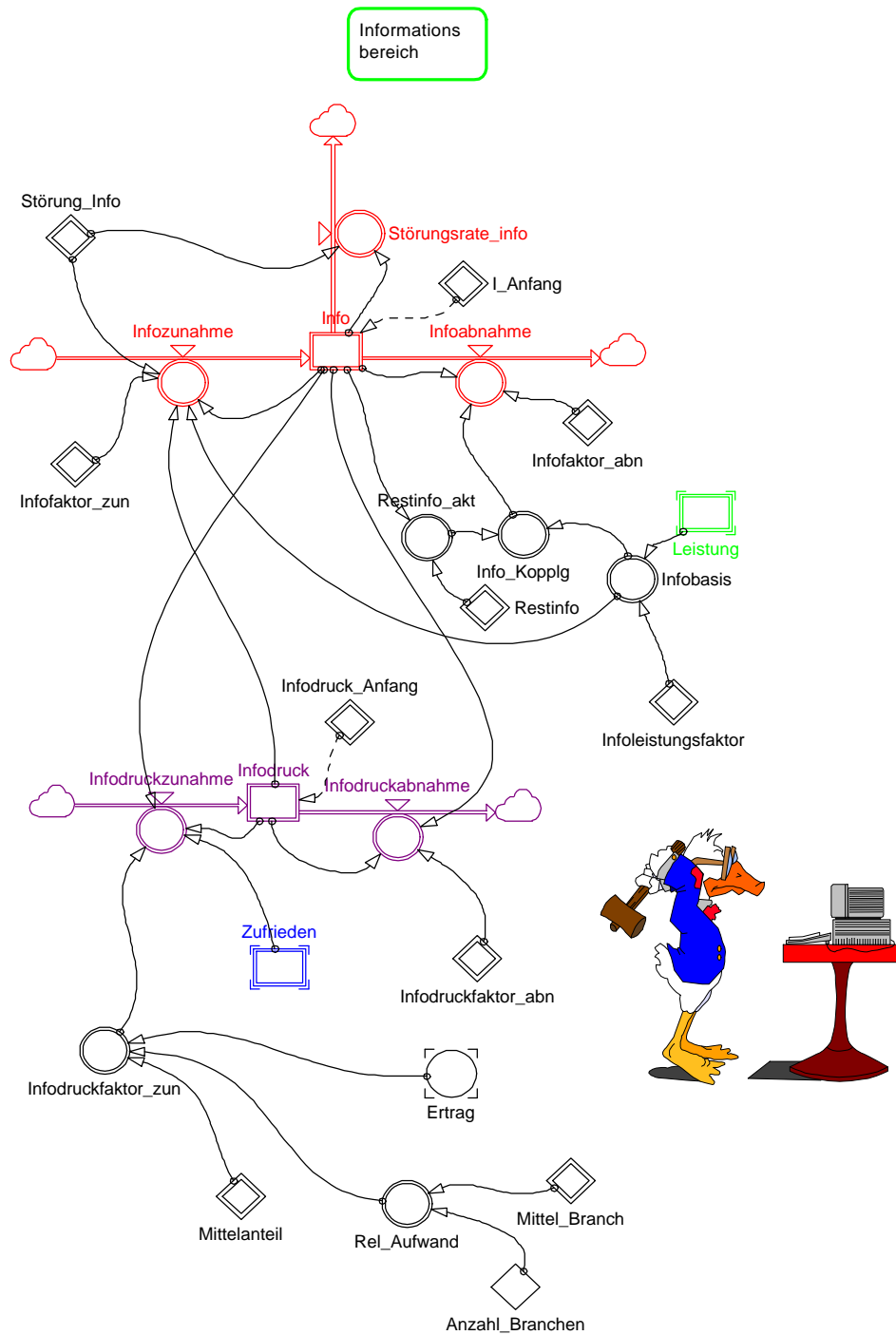


Bild 7: Powersim Diagramm des Informationsbereiches

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Im sozialen Bereich wird der *Erfolg* bzw. die *Leistung* und die *Info* bzw. die *Information* von der 'Öffentlichen Meinung' für jede Branche beurteilt.(vgl. Bild 8) Dies drückt sich aus als Grad der *Zufriedenheit*, in der gleichen Weise eine relative Größe. Dies führt zur Definition der *Unzufriedenheit* = 1- *Zufriedenheit*. Wenn die *Unzufriedenheit* anwächst dann erhöht sich der *Druck*, die *Leistung* und *Info* anwachsen zu lassen. Die *Zufriedenheit* ist damit eine Rückkopplung zur Änderung des *Druckes* im physischen und im Informationsbereich.

Für den physischen Bereich und für den Informationsbereich gilt generell der gleiche Modellansatz. Die *Leistung* und die *Info* nehmen zu, je, nachdem wie stark der *Druck* auf die Zunahme wirkt. Die Abnahme der *Leistung* und der *Info* erfolgt aufgrund der Auswirkungen einer verminderten *Leistung* oder *Info* anderer Branchen. Weiterhin wird die Zunahme der *Leistung* gebremst bzw. die Abnahme beschleunigt durch die Leistungsreduktion aufgrund einer geringeren *Info* in der gleichen Branche. Das gleiche gilt analog für den Informationsbereich.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

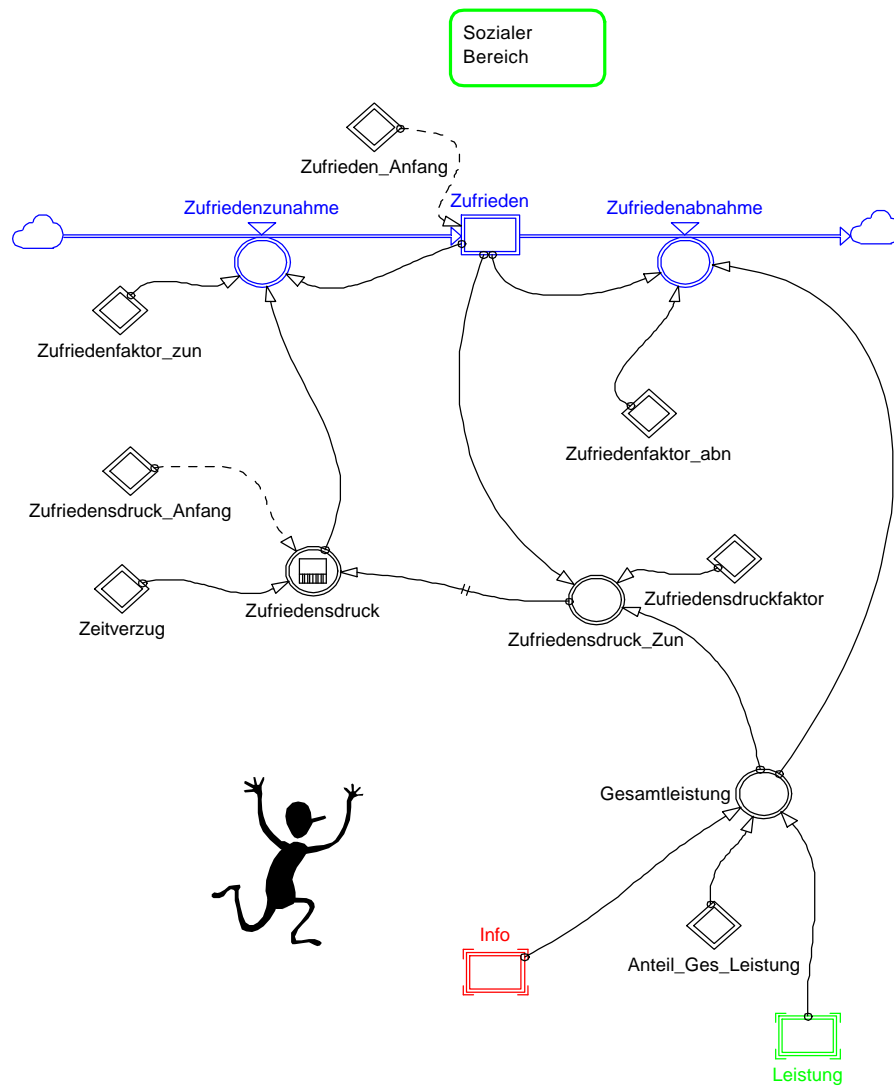


Bild 8: Powersim Diagramm des sozialen Bereiches.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

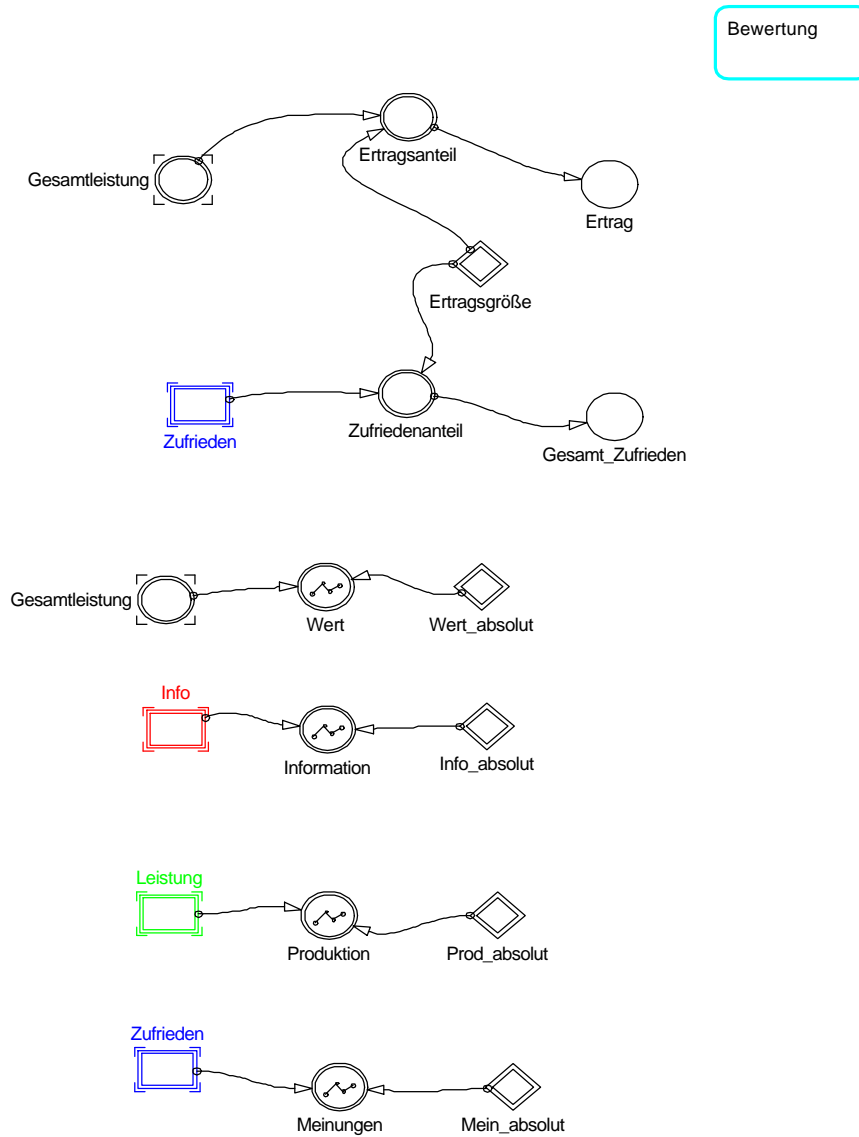


Bild 9: Powersim Diagramm einiger Zusammenhänge und Umwandlungen in absolute Größen.

4 MODELLDEFINITIONEN UND GLEICHUNGEN

4.1 DIFFERENTIALGLEICHUNGEN

DRUCK

$$d\text{Druck} = -dt * \text{Druckabnahme} + dt * \text{Druckzunahme}$$

Dimension: Druck (Br)

Anfangswert: Druck = Druck_Anfang

Beschreibung: Druck, der auf die Leistungszunahme wirkt. Der Druck, der auf das physische System wirkt, kann als Arbeit und Kapitalintensität verstanden werden, mit der die physische Leistung erhöht werden soll.

INFO

$$d\text{Info} = -dt * \text{Störungsrate_info} - dt * \text{Infoabnahme} + dt * \text{Infozunahme}$$

Dimension: Info (Br)

Anfangswert: Info = I_Anfang

Beschreibung: Die Informationsgröße aller Branchen auf der Informationsebene. Der Wert liegt zwischen 0 und 1, da als relative Maßgröße definiert. Der absolute Wert ist spezifisch für jede Branche. Der Wert 1 (bzw. 100%) kann nur in einer ungestörten und nur in Annäherung über lange Zeit erreicht werden. Die Information ist die zentrale Niveaugröße auf der Informations- Ebene. Sie nimmt ab mit dem Fluss Infoabnahme und Störungsrate-Info und nimmt zu mit dem Fluss Infozunahme. Die Info kann durchaus mit der Summe aller Verkehrszeichen und der Einkalkulation des Verhaltens der anderen Verkehrsteilnehmer durch einen Fahrer verstanden werden, der daraufhin mehr oder weniger Druck auf das Gaspedal des Motors ausübt. Ein blinder Fahrer müsste erheblich langsamer fahren.

INFODRUCK

$$d\text{Infodruck} = -dt * \text{Infodruckabnahme} + dt * \text{Infodruckzunahme}$$

Dimension: Infodruck (Br)

Anfangswert: Infodruck = Infodruck_Anfang

Beschreibung: Druck, der auf die Informationszunahme wirkt. Entspricht dem Druck auf der physischen Ebene. Der Druck, der auf das Informationssystem wirkt, kann als Arbeit und Kapitalintensität verstanden werden, mit der die Informationsleistung oder Menge der verarbeiteten Informationen erhöht werden soll.

LEISTUNG

$$d\text{Leistung} = -dt * \text{Störungsrate_Leistung} - dt * \text{Leistungsabnahme} + dt * \text{Leistungszunahme}$$

Dimension: Leistung (Br)

Anfangswert: Leistung = L_Anfang

Beschreibung: Die Leistung aller Branchen auf der physischen Ebene. Der Wert liegt zwischen 0 und 1, da als relative Maßgröße definiert. Der absolute Wert ist spezifisch für jede Branche. Der Wert 1 (bzw. 100%) kann nur in einer ungestörten und nur in Annäherung über lange Zeit erreicht werden. Die Leistung ist die zentrale Niveaugröße auf der physischen Ebene. Sie nimmt ab mit dem Fluss Leistungsabnahme und Störungsrate-phys und nimmt zu mit dem Fluss Leistungszunahme. Die Leistung kann durchaus verglichen werden mit der Leistung eines Motors, die sich bei bestimmter Drehzahl und Drehmoment ergibt, wenn genügend Druck auf dem Gaspedal ausgeübt wird. Die Leistung wird begrenzt (Leistungsabnahme) durch innere Verluste, Reibungen, usw. sowie durch Störungen, wenn der Motor defekt ist.

ZUFRIEDEN

$$d\text{Zufrieden} = -dt * \text{Zufriedenabnahme} + dt * \text{Zufriedenzunahme}$$

Dimension: Zufrieden (Br)

Anfangswert: Zufrieden = Zufrieden_Anfang

Beschreibung: Zufrieden ist die Maßgröße für die Zufriedenheit der beteiligten und betroffenen Menschen bzw. der Bevölkerung. Als Niveau kann die Zufriedenheit

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

zunehmen mit dem Fluss Zufriedenzunahme bzw. abnehmen mit dem Fluss Zufriedenabnahme. Die Zu/Abnahme ergibt sich aus der Leistung und der Information. Es wird angenommen, dass die Zunahme nur verzögert anwächst. Die Zufriedenheit kann durchaus mit dem Fahrer verglichen werden, der sich mehr oder weniger über die Verkehrssituation und/oder über seinen Motor ärgert.

4.2 VARIABLEN

Dimension: **Druckabnahme** = (Br)

Variable: Druckabnahme = Druckfaktor_abn*Druck*Leistung

Beschreibung: Die Flussvariable Druckabnahme wird angenommen als proportional zum existierenden Druck und proportional zur Leistung. D.h. der Druck nimmt umso schneller ab, je größer der Druck bereits ist und je größer die Leistung ist. Dies kann beim Gaspedal mit der Rückstellfeder verglichen werden, die außerdem noch von der Motorleistung abhängt.

Dimension: **Druckzunahme** = (Br)

Variable: Druckzunahme = Druckfaktor_zun*Steuerung*(1-Druck)*(1-Leistung)

Beschreibung: Die Flussgröße Druckzunahme wird als proportional zur Größe Steuerung angenommen. Gleichzeitig ist die Druckzunahme proportional zum fehlenden Druck (1-Druck) und proportional zur fehlenden Leistung (1-Leistung). Der Druck nimmt umso schneller zu mit einer starken Steuerung, und wenn der Druck und die Leistung geringer sind.

Dimension: **Infoabnahme** = (Br)

Variable: Infoabnahme = Infofaktor_abn/100*Info*(1-Info_Kopplg)

Beschreibung: Analog zur physischen Ebene ist die Flussgröße Infoabnahme proportional zur Höhe der Info. D.h. je höher die Info, desto geringer ist der Zuwachs. Außerdem ist die Abnahme proportional zur Einkopplung durch die anderen Branchen. Dies wird formal ausgedrückt durch (1- Info_Kopplg). Bezogen auf den Verkehr müssen alle Fahrzeuge zusammenspielen.

Dimension: **Infodruckabnahme** = (Br)

Variable: Infodruckabnahme = Infodruckfaktor_abn*Info*Infodruck

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Beschreibung: Analog zur physischen Ebene wird die Flussvariable Infodruckabnahme angenommen als proportional zum existierenden Infodruck und proportional zur Info. D.h. der Infodruck nimmt umso schneller ab, je größer der Infodruck bereits ist und je größer die Info ist. Dies kann beim Verkehr mit der Aufmerksamkeit verglichen werden, die außerdem noch von der Menge der Verkehrsschilder bzw. Dichte des Verkehrs abhängt.

Dimension: **Infodruckzunahme** = (Br)

Variable: Infodruckzunahme = Infodruckfaktor_zun*(1-Info)*(1-Infodruck)*(1-Zufrieden)

Beschreibung: Analog zur physischen Ebene wird die Flussgröße Infodruckzunahme als proportional zum fehlenden Infodruck (1-Infodruck) und proportional zur fehlenden Info(1-Info). Gleichzeitig wird die Infodruckzunahme als proportional zur fehlenden Zufriedenheit, Unzufriedenheit, Ärger (1-Zufriedenheit) gesehen. D.h. der Infodruck nimmt um so schneller zu mit einer starken Unzufriedenheit, und wenn der Infodruck und die Info geringer sind.

Dimension: **Infozunahme** = (Br)

Variable: Infozunahme =

Infofaktor_zun/100*Infodruck*(1-Info)*(1-Störung_Info)*Infobasis

Beschreibung: Analog zur Leistungszunahme auf der physischen Ebene. Die Flussgröße Infozunahme ist zunächst proportional zum Infodruck. Es wird außerdem angenommen, dass die Infozunahme proportional zur Fehlinfo (1-Info) ist, d.h. je geringer die Info, desto stärker ist die relative Zunahme. Darüber hinaus ist die Infozunahme umso größer, je weniger Störungen (1-Störung_Info) vorliegen. Außerdem wird angenommen, dass die Zunahme um so geringer ist, je weniger Leistung aus der physischen Ebene zur Verfügung steht. (Infobasis) Allerdings bezieht sich dieses nur auf die physische Leistung der Informationsbranche. (Verfügbarkeit von Rechner, etc) Diese Größe soll die Notwendigkeit der Verfügbarkeit der physischen Basis beschreiben. In bezug auf den Verkehrsteilnehmer kann dieses mit dem Stromgenerator im Motor verglichen werden, der die Zunahme der Information verringert, wenn notwendige Beleuchtungen fehlen.

Dimension: **Leistungsabnahme** = (Br)

Variable: Leistungsabnahme = Leistungsfaktor_abn/100*(1-Leist_Kopplg)*Leistung

Beschreibung: Die Flussgröße Leistungsabnahme ist proportional zur Höhe der Leistung. D.h. je höher die Leistung, desto geringer ist der Zuwachs. Außerdem ist die

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Abnahme proportional zur Einkopplung durch die anderen Branchen. Dies wird formal ausgedrückt durch (1- Leist_Kopplg). Bezogen auf den Motor müssen alle Teile zusammenspielen. Die schwächste Komponente bestimmt die Leistung.

Dimension: **Leistungszunahme** = (Br)

Variable: Leistungszunahme =

Leistungsfaktor_zun/100*Druck*(1-Leistung)*(1-Störung_Phys)*Leistungsbasis

Beschreibung: Die Flussgröße Leistungszunahme ist zunächst proportional zum Druck. Es wird außerdem angenommen, dass die Leistungszunahme proportional zur Fehlleistung (1-Leistung) ist, d.h. je geringer die Leistung, desto stärker ist die relative Zunahme. Darüber hinaus ist die Leistungszunahme umso größer, je weniger Störungen (1-Störungen) vorliegen. Außerdem wird angenommen, dass die Zunahme um so geringer ist, je weniger Info aus der Informationsebene zur Verfügung steht. (Leistungsbasis) Diese Größe soll die Rationalisierungseffekte des Informationssystems beschreiben. In bezug auf den Motor kann dieses mit einem automatischen Sensorsystem verglichen werden, der die Zunahme der Leistung verringert, wenn notwendige Daten fehlen.

Dimension: **Störungsrate_info** = (Br)

Variable: Störungsrate_info = Info*Störung_Info

Beschreibung: Die Flussgröße Störungsrate_info wird als proportional zur Höhe der Info angenommen. D.h. die Abnahme der Info ist um so größer, je höher das Niveau der Info ist.

Dimension: **Störungsrate_Leistung** = (Br)

Variable: Störungsrate_Leistung = Leistung*Störung_Phys

Beschreibung: Die Flussgröße Störungsrate_Leistung wird als proportional zur Höhe der Leistung angenommen. D.h. die Abnahme der Leistung ist um so größer, je höher das Niveau der Leistung ist.

Dimension: **Zufriedenabnahme** = (Br)

Variable: Zufriedenabnahme =

Zufriedenfaktor_abn/100*Zufrieden*(1-Gesamtleistung)

Beschreibung: Die Flussgröße Zufriedenabnahme ist zunächst proportional zur fehlenden Gesamtleistung (1-Gesamtleistung), die sich aus der physischen Leistung und der Informationsmenge Info ergibt. Es wird außerdem angenommen, dass die

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Zunahme proportional zur Zufriedenheit ist, d.h. je höher die Zufriedenheit, desto stärker ist die relative Abnahme.

Dimension: **Zufriedenzunahme** = (Br)

Variable: Zufriedenzunahme =

Zufriedenfaktor_zun/100*Zufriedensdruck*(1-Zufrieden)

Beschreibung: Die Flussgröße Zufriedenzunahme ist zunächst proportional zum Zufriedendruck. Es wird außerdem angenommen, dass die Zunahme proportional zur Unzufriedenheit(1-Zufriedenheit) ist, d.h. je geringer die Zufriedenheit, desto stärker ist die relative Zunahme.

Dimension: **Druckfaktor_zun** = (Br)

Variable: Druckfaktor_zun = Rel_Aufwand*(1-Mittelanteil)*Ertrag

Beschreibung: Der Druckfaktor_zun ist der Proportionalitätsfaktor für die Druckzunahme auf der physischen Ebene. Normalerweise sind Proportionalitätsfaktoren als konstante Größen angenommen. Hier ist dieser Faktor abhängig angenommen von den Stellgrößen, die in einem Spiel von den Teilnehmern gesetzt werden können. Diese Stellgrößen sind Rel_Aufwand und Mittel_Anteil. Der Ertrag der jeweiligen Branche wird entsprechend aufgeteilt. Der Mittelanteil ist der Anteil für die Informationsebene.

Variable: **Ertrag** = ARRSUM(Ertragsanteil)

Beschreibung: Kann als Gesamtleistung aller Branchen betrachtet werden, der als Summe des Ertragsanteils der Branchen ergibt.

Dimension: **Ertragsanteil** = (Br)

Variable: Ertragsanteil = Gesamtleistung*Ertragsgröße/ARRSUM(Ertragsgröße)

Beschreibung: Der Ertragsanteil ist der relative Anteil der Branchen an dem Ertrag. Dieser Anteil wird über die Ertragsgröße definiert, die hier normiert wird.

Variable: **Gesamt_Zufrieden** = ARRSUM(Zufriedenanteil)

Beschreibung: Kann als Gesamtzufriedenheit aller Branchen betrachtet werden, die sich als Summe des Anteils der Zufriedenheit der Branchen ergibt. Die Gesamtzufriedenheit kann über die Zeit als zusammenfassende Größe zur Beurteilung des Gesamtsystems für Vergleiche und Endbeurteilungen genutzt werden.

Dimension: **Gesamtleistung** = (Br)

Variable: Gesamtleistung =

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

$\text{Anteil_Ges_Leistung} * \text{Leistung} + (1 - \text{Anteil_Ges_Leistung}) * \text{Info}$

Beschreibung: Die Gesamtleistung wird definiert als eine gewichtete Summe aus Leistung und Info. Dies basiert auf der Annahme, dass beide Komponenten zur Gesamtleistung im Sinne eines Sozialproduktes beitragen. Der eingegebene Wert Anteil_Ges_Leistung ist der Anteil der physischen Leistung am Gesamtergebnis, (1 - Anteil_Ges_Leistung) ist dann der Anteil der Informationsleistung.

Dimension: **Info_Kopplg** = (i=Br)

Variable: $\text{Info_Kopplg} = \text{ARRMIN}(\text{Restinfo_akt}(\text{Eng.}, \text{Bnk}, i)) * \text{Infobasis}$

Beschreibung: Die Informationskopplung Info_kopplg wird angenommen als Produkt aus der Infobasis, so wie sie sich aus der physischen Ebene ergibt, und dem Minimum der Restinfo aller anderen Branchen. Da die Restinfo_akt der eigenen Branche gleich 1 ist, werden nur die anderen Branchen betrachtet.

Dimension: **Infobasis** = (Br)

Variable: $\text{Infobasis} = (1 - \text{Infoleistungsfaktor}) * \text{Leistung}(\text{Inf}) + \text{Infoleistungsfaktor}$

Beschreibung: Es wird angenommen, dass die Menge der verarbeitbaren Informationen von der physischen Basis d.h. der Leistung der Informationsbranche abhängt. Da Branchen eine eigenständige Informationsbasis haben können, die durch den Infoleistungsfaktor ausgedrückt wird, wird ein linearer Anstieg der Infobasis mit der Leistung(Inf) angenommen.

Dimension: **Infodruckfaktor_zun** = (Br)

Variable: $\text{Infodruckfaktor_zun} = \text{Ertrag} * \text{Rel_Aufwand} * \text{Mittelanteil}$

Beschreibung: Der Infodruckfaktor_zun ist der Proportionalitätsfaktor für die Druckzunahme auf der Informations- Ebene. Normalerweise sind Proportionalitätsfaktoren als konstante Größen angenommen. Hier ist dieser Faktor abhängig angenommen von den Stellgrößen, die in einem Spiel von den Teilnehmern gesetzt werden können. Diese Stellgrößen sind Rel_Aufwand und Mittel_Anteil. Der Ertrag der jeweiligen Branche wird entsprechend aufgeteilt. Der Mittelanteil ist der Anteil für die Informationsebene.

Dimension: **Information** = (Br)

Variable: $\text{Information} = \text{GRAPHPOLYAS}(\text{Info}, 0, 0.2, \text{Info_absolut})$

Beschreibung: Die Information ist definiert als absolute Größe für jede Branche auf der Informations- Ebene, die sich aus der eingegebenen Zuordnungsfunktion Inf_absolut zur Info ergibt.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Dimension: **Leist_Kopplg** = (i=Br)

Variable: $\text{Leist_Kopplg} = \text{ARRMIN}(\text{Restleist_akt}(\text{Eng.}, \text{Bnk}, i)) * \text{Leistungsbasis}$

Beschreibung: Die Leistungskopplung Leist_kopplg wird angenommen als Produkt aus der Leistungsbasis, so wie sie sich aus der Informationsebene ergibt, und dem Minimum der Restleistung aller anderen Branchen. Da die Restleist_akt der eigenen Branche gleich 1 ist, werden nur die anderen Branchen betrachtet.

Dimension: **Leistungsbasis** = (Br)

Variable: $\text{Leistungsbasis} = \text{Info} * (1 - \text{SpezInfoleistung} / 100) + \text{SpezInfoleistung} / 100$

Beschreibung: Es wird angenommen, dass die Leistung auf der physischen Ebene von der Menge der Informationen auf der Informationsebene abhängt. (Rationalisierung durch die Informationssysteme) Da Branchen eine eigenständige Informationsbasis haben, die durch die SpezInfoleistung ausgedrückt wird, wird ein linearer Anstieg der Leistungsbasis mit der Info beginnend bei der SpezInfoleistung angenommen.

Dimension: **Meinungen** = (Br)

Variable: $\text{Meinungen} = \text{GRAPHPOLYAS}(\text{Zufrieden}, 0, 0.2, \text{Mein_absolut})$

Beschreibung: Die Größe Meinungen ist definiert als absolute Größe für jede Branche auf der Sozialen- Ebene, die sich aus der eingegebenen Zuordnungsfunktion Mein_absolut zur Zufriedenheit ergibt.

Dimension: **Produktion** = (Br)

Variable: $\text{Produktion} = \text{GRAPHPOLYAS}(\text{Leistung}, 0.0, 0.2, \text{Prod_absolut})$

Beschreibung: Die Produktion ist definiert als absolute Größe für jede Branche auf der physischen Ebene, der sich aus der eingegebenen Zuordnungsfunktion Prod_absolut zur Leistung ergibt.

Dimension: **Rel_Aufwand** = (Br)

Variable: $\text{Rel_Aufwand} = \text{Anzahl_Branchen} * \text{Mittel_Branch} / \text{ARRSUM}(\text{Mittel_Branch})$

Beschreibung: Der relative Aufwand für jede Branche wird über die Wichtigkeit Mittel_Branch ermittelt. Diese Größe wird zur Steuerung im Spiel benötigt, damit die Spieler den Aufwand unter den Branchen relativ zueinander festlegen können.

Dimension: **Restinfo_akt** = (i=Br, Br)

Variable: $\text{Restinfo_akt} =$

$\text{FALLS}(\text{Restinfo} < 0, \text{Restinfo} / 100 + \text{Info}(i) * (1 - \text{Restinfo} / 100), 1)$

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Beschreibung: Bestimmung der Einkopplung der Infoabfälle für alle Branchen verursacht durch die jeweils anderen Branchen bei angenommenem linearen Abfall zwischen 1 und Restinfo. Diese aktuelle Restinfo ergibt sich durch den Informationsabfall in den anderen Branchen. (Index i) Die Restinfo_akt der eigenen Branche wird auf 1 gesetzt.

Dimension: **Restleist_akt** = (i=Br,Br)

Variable: Restleist_akt = FALLS(Restleistung<0, Restleistung/100+Leistung(i)*(1-Restleistung/100),1)

Beschreibung: Bestimmung der Einkopplung der Leistungsabfälle für alle Branchen verursacht durch die jeweils anderen Branchen bei angenommenem linearen Abfall zwischen 1 und Restleistung. Diese aktuelle Restleistung ergibt sich durch den Leistungsabfall in den anderen Branchen. (Index i) Die Restleist_akt der eigenen Branche wird auf 1 gesetzt.

Dimension: **Steuerung** = (Br)

Variable: Steuerung = Info*(1-Zufrieden)

Beschreibung: Die Steuerung ist das Produkt aus Unzufriedenheit und der Möglichkeit zur Informationsvermittlung.

Dimension: **Wert** = (Br)

Variable: Wert = GRAPHPOLYAS(Gesamtleistung, 0,0.2,Wert_absolut)

Beschreibung: Die Größe Wert ist definiert als absolute Größe für jede Branche, die sich aus der eingegebenen Zuordnungsfunktion Wert_absolut zur Gesamtleistung ergibt.

Dimension: **Zufriedenanteil** = (Br)

Variable: Zufriedenanteil = Zufrieden*Ertragsgröße/ARRSUM(Ertragsgröße)

Beschreibung: Der Zufriedenanteil ist der relative Anteil der Branchen an der Gesamtzufriedenheit. Dieser Anteil wird über die Ertragsgröße definiert, die hier normiert wird.

Dimension: **Zufriedensdruck** = (i=Br)

Variable: Zufriedensdruck =

VERZINF(Zufriedensdruck_Zun(i), Zeitverzug(i),5,Zufriedensdruck_Anfang(i))

Beschreibung: Verzögerte Zunahme des Zufriedensdruckes pro Zeiteinheit. Die Beschreibung der Funktion VERZINF ist in den Beschreibungen zu den verwendeten Funktionen zu finden.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Dimension: **Zufriedensdruck_Zun** = (Br)

Variable: Zufriedensdruck_Zun =

Zufriedensdruckfaktor/100*Gesamtleistung*(1-Zufrieden)

Beschreibung: Zunahme des Zufriedensdruckes wird als proportional zur Gesamtleistung und proportional zur Unzufriedenheit angenommen. D.h. in verzögerter Form wird die Zunahme der Zufriedenheit als direkt abhängig gesehen von der Höhe der Gesamtleistung und von der Höhe der Unzufriedenheit. Als Proportionalitätsfaktor ist der Zufriedendruckfaktor eingeführt.

4.3 KONSTANTE GRÖßEN

Dimension: **Anteil_Ges_Leistung** = (Br)

Faktor: Anteil_Ges_Leistung = [0.9,0.05,0.05,0.5,0.8,0.5]

Beschreibung: Der eingegebene Wert Anteil_Ges_Leistung ist der Anteil der physischen Leistung am Gesamtergebnis, (1-Anteil_Ges_Leistung) ist dann der Anteil der Informationsleistung.

Faktor: Anzahl_Branchen = 6

Dimension: **Druck_Anfang** = (Br)

Faktor: Druck_Anfang = [0.2,0.2,0.1,0.2,0.3,0.6]

Beschreibung: Anfangswert für den Druck auf der physischen Ebene. Sollte dem Wert entsprechen, dem sich der Druck nach ungestörtem System annähert.

Dimension: **Druckfaktor_abn** = (Br)

Faktor: Druckfaktor_abn = [0.1,0.1,0.2,0.1,0.1,0.05]

Beschreibung: Proportionalitätsfaktor für die Druckabnahme

Dimension: **Ertragsgröße** = (Br)

Faktor: Ertragsgröße = [80,36,8,24,61,56]

Beschreibung: Wichtungsfaktor für die Bewertung der Leistung der Branchen und für die Zusammenfassung der Zufriedenheit. Die Summe muss nicht gleich 1 sein. Ist als relative Ertragsgröße zu interpretieren.

Dimension: **I_Anfang** = (Br)

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Faktor: I_Anfang = [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]

Beschreibung: Anfangswert der Information für alle Branchen. Sollte nahe dem Wert liegen, der sich ohne Störung nach einigen Simulationsschritten einpendelt.

Dimension: **Info_absolut** = (Ind)

Faktor: Info_absolut = [0.19,43,66,73,81,100"Min:0;Max:100"]

Beschreibung: Absolute Größe für die Informationsmenge auf der Informations Ebene je nach Branche. Wird zugeordnet zur Größe Info in der Simulation. Nach endgültiger Definition des Szenarios sollte dieser Zuordnungsvektor für jede Branche definiert und entsprechend eingegeben werden.

Dimension: **Infodruck_Anfang** = (Br)

Faktor: Infodruck_Anfang = [0.4,0.4,0.4,0.4,0.4,0.4]

Beschreibung: Anfangswert für den Infodruck auf der Informations Ebene. Sollte dem Wert entsprechen, dem sich der Infodruck nach ungestörtem System annähert.

Dimension: **Infodruckfaktor_abn** = (Br)

Faktor: Infodruckfaktor_abn = [0.1,0.02,0.2,0.1,0.1,0.05]

Beschreibung: Proportionalitätsfaktor für die Infodruckabnahme

Dimension: **Infofaktor_abn** = (Br)

Faktor: Infofaktor_abn = [55,35,38,45,48,38]

Beschreibung: Proportionalitätsfaktor für die Infoabnahme. Spezifisch für jede Branche

Dimension: **Infofaktor_zun** = (Br)

Faktor: Infofaktor_zun = [50,78,40,45,65,60]

Beschreibung: Maximal mögliche Zunahme der Info pro Zeiteinheit. Ist als spezifische Größe der Branche zu interpretieren. Proportionalitätsfaktor für die Infozunahme.

Dimension: **Infoleistungsfaktor** = (Br)

Faktor: Infoleistungsfaktor = [0.6,0,0.9,0.9,0.7,0.3]

Beschreibung: Der Infoleistungsfaktor dient zur Bestimmung der Infobasis in Abhängigkeit von der Leistung der Informationsbranche. Die Größe Infoleistungsfaktor kann interpretiert werden als Infomenge, die in der Branche noch

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

verarbeitet werden kann, wenn die physische Ebene der Informationsbranche total ausfällt. Die klassische Arbeit geht weiter, jedoch mit verringerter Produktivität.

Dimension: **L_Anfang** = (Br)

Faktor: L_Anfang = [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]

Beschreibung: Anfangswert der Leistung für alle Branchen. Sollte nahe dem Wert liegen, der sich ohne Störung nach einigen Simulationsschritten einpendelt.

Dimension: **Leistungsfaktor_abn** = (Br)

Faktor: Leistungsfaktor_abn = [20,12,3,22,2,15]

Beschreibung: Proportionalitätsfaktor für die Leistungsabnahme. Spezifisch für jede Branche.

Dimension: **Leistungsfaktor_zun** = (Br)

Faktor: Leistungsfaktor_zun = [70,43,30,55,53,43]

Beschreibung: Maximal mögliche Zunahme der Leistung pro Zeiteinheit. Ist als spezifische Größe der Branche zu interpretieren. Proportionalitätsfaktor für die Leistungszunahme.

Dimension: **Mein_absolut** = (Ind)

Faktor: Mein_absolut = [-100,-40,-17,14,26,99"Min:-100;Max:100"]

Beschreibung: Differenz der Anzahl Meinungen zwischen positiven und negativen zur Gesamtleistung einer Branche. Wird zugeordnet zur Größe Zufriedenheit in der Simulation. Ein negativer Wert zeigt überwiegend kritische Meinungen ein positiver Wert zeigt überwiegend zustimmende Meinungen zur Branche in der Öffentlichkeit. Nach endgültiger Definition des Szenarios sollte dieser Zuordnungsvektor für jede Branche definiert und entsprechend eingegeben werden.

Dimension: **Mittel_Branch** = (Br)

Faktor: Mittel_Branch = [0.2,0.2,0.1,0.1,0.2,0.2]

Beschreibung: Der Anteil der Mittel aller Branchen wird auf die Branchen aufgeteilt. Wird nach Eingabe entsprechend normiert.

Dimension: **Mittelanteil** = (Br)

Faktor: Mittelanteil = [0.2,0.2,0.1,0.1,0.2,0.2]

Beschreibung: Ertragsanteil, der für die Informationsstruktur investiert wird.

Dimension: **Prod_absolut** = (Ind)

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Faktor: Prod_absolut = [3,36,195,234,259,300"Min:0;Max:300"]

Beschreibung: Absolute Größe für die Produktion bzw. Leistung auf der physischen Ebene je nach Branche. Wird zugeordnet zur Größe Leistung in der Simulation. Nach endgültiger Definition des Szenarios sollte dieser Zuordnungsvektor für jede Branche definiert und entsprechend eingegeben werden.

Dimension: **Restinfo** = (Br,Br)

Faktor: Restinfo = [[0, 76,81,82,83,86],

[46, 0, 55,60,75,48],

[98, 95,0, 81,96,97],

[98, 96,81,0, 75,95],

[85, 95,93,65,0, 89],

[93, 98,81,93,93,0]]

Beschreibung: Die Restinfo ist definiert als verbleibende Info einer Branche i wenn Branche j total ausfällt. Dies ist ein wichtiger Eingabewert, der die Balance der Branchen untereinander bestimmt.

Dimension: **Restleistung** = (Br,Br)

Faktor: Restleistung = [[0, 28, 73,80,28,55],

[81, 0, 73,84,76,53],

[98, 96,0, 89,96,98],

[100, 98,93,0, 70,92],

[86, 94,88,78,0, 88],

[96, 96,90,95,88,0]]

Beschreibung: Die Restleistung ist definiert als verbleibende Leistung einer Branche i wenn Branche j total ausfällt. Dies ist ein wichtiger Eingabewert, der die Balance der Branchen untereinander bestimmt.

Dimension: **SpezInfoleistung** = (Br)

Faktor: SpezInfoleistung = [75,10,73,75,58,35]

Beschreibung: Die Größe SpezInfoleistung dient zur Bestimmung der Leistungsbasis. Sie kann interpretiert werden als die Leistung, die verbleibt, wenn die Informationsebene der entsprechenden Branche total ausfällt.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Dimension: **Störung_Info** = (Br)

Faktor: Störung_Info = [0,0,0,0,0,0]

Beschreibung: Störung der Information auf der Informations Ebene. Die Störung kann durch alle möglichen angenommenen Ereignisse im Spiel durch die Leitung verursacht werden. Die Störung wird durch ein Schieberegister (0=keine Störung, 1=totaler Ausfall) eingegeben.

Dimension: **Störung_Phys** = (Br)

Faktor: Störung_Phys = [0,0,0,0,0,0]

Beschreibung: Störung der Leistung auf der physischen Ebene. Die Störung kann durch alle möglichen angenommenen Ereignisse im Spiel durch die Leitung verursacht werden. Die Störung wird durch ein Schieberegister (0=keine Störung, 1=totaler Ausfall) eingegeben.

Dimension: **Wert_absolut** = (Ind)

Faktor: Wert_absolut = [1,11,24,49,79,98"Min:0;Max:100"]

Beschreibung: Absolute Größe für die kombinierte Leistung oder Gesamtleistung auf der physischen Ebene und der Informationsebene je nach Branche. Kann als Wertschöpfung interpretiert werden. Wird zugeordnet zur Größe Gesamtleistung in der Simulation. Nach endgültiger Definition des Szenarios sollte dieser Zuordnungsvektor für jede Branche definiert und entsprechend eingegeben werden.

Dimension: **Zeitverzug** = (Br)

Faktor: Zeitverzug = [14,16,23,16,6,9]

Beschreibung: Zeitverzug für die Zunahme des Zufriedensdruckes.

Dimension: **Zufrieden_Anfang** = (Br)

Faktor: Zufrieden_Anfang = [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]

Beschreibung: Anfangswert der Zufriedenheit für alle Branchen. Sollte nahe dem Wert liegen, der sich ohne Störung nach einigen Simulationsschritten einpendelt.

Dimension: **Zufriedenfaktor_abn** = (Br)

Faktor: Zufriedenfaktor_abn = [30,24,10,16,24,16]

Beschreibung: Maximal mögliche Abnahme der Zufriedenheit pro Zeiteinheit. Ist als spezifische Größe der Branche zu interpretieren. Proportionalitätsfaktor für die Zufriedensabnahme.

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

Dimension: **Zufriedenfaktor_zun** = (Br)

Faktor: Zufriedenfaktor_zun = [28,22,8,10,18,13]

Beschreibung: Maximal mögliche Zunahme der Zufriedenheit pro Zeiteinheit. Ist als spezifische Größe der Branche zu interpretieren. Proportionalitätsfaktor für die Zufriedenszunahme.

Dimension: **Zufriedensdruck_Anfang** = (Br)

Faktor: Zufriedensdruck_Anfang = [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]

Beschreibung: Anfangswert für den Zufriedenheitsdruckes. Sollte einem Wert entsprechen, dem sich die Simulation ungestört annähert.

Dimension: **Zufriedensdruckfaktor** = (Br)

Faktor: Zufriedensdruckfaktor = [65,44,30,31,45,35]

Beschreibung: Proportionalitätsfaktor für das Anwachsen des Zufriedensdruckes

5 EINGABEGRÖßEN

Die Eingabegrößen des Simulationsmodells können in vier Gruppen eingeteilt werden. Diese Gruppen sind:

- Daten zum technischen Betrieb des Modells
- Daten, die sich auf das Grundszenario beziehen, und die nicht verändert werden müssen.
- Daten, die von der Leitung während eines Spielverlaufs geändert werden können, um Ereignisse einzuspielen und/oder Leitungsentscheidungen in der Simulation wirksam werden zu lassen.
- Daten, die von den Spielparteien während des Spielverlaufs geändert werden können um Spielerentscheidungen in der Simulation wirksam werden zu lassen.

5.1 TECHNISCHE DATEN

Die technischen Daten dienen zur Steuerung des Ablaufs und der Simulation. Sie werden vom Betreiber des Modells gesetzt. Dabei wird das Instrumentarium von POWERSIM genutzt.

Die Einrichtung der Simulation erfolgt über das Menü: *Simulieren .. Simulation einrichten* mit den Angaben

- Startzeit (hier : 0.0)
- Stoppzeit (hier: 240.0)
- Integrationsmethode (hier: Runge Kutta 4.Ordnung mit festem Zeitschritt)
- Zeitschritt (hier :1.0)
- Zeiteinheit (hier: Std)

Die Parameter des Simulationslaufes sind: *Simulieren..Lauf einrichten* mit der Angabe des Pausenverlaufs.

Da von einer Simulation eines stabilen Systems ausgegangen wird, das sich dadurch auszeichnet, das ohne Störung immer eine stabile Ruhelage angenähert wird, sollten die Anfangswerte für die Niveaugrößen in etwa dieser Ruhelage entsprechen. Da andererseits die stabile Ruhelage von den Größen, die nur dem Szenario zugeordnet werden können, abhängt, können diese Anfangswerte nicht genau bestimmt werden sondern ergeben sich in der Simulation nach einigen Simulationsschritten, wenn der Einschwingvorgang beendet ist. Sie können daher nach Vorliegen der Szenariodaten und der Beobachtung der Niveaugrößen nach einigen Simulationsläufen angepasst werden, wenn dies notwendig erscheint. Die Definition der Anfangswerte für die Simulation erfolgt über das Doppelklicken der entsprechenden Diagrammsymbole im sich dadurch öffnenden Definitionsmenü

Die Anfangswerte für die Niveaugrößen sind standardmäßig:

- L_Anfang [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]
- Druck_Anfang [0.2,0.2,0.1,0.2,0.3,0.6]
- I_Anfang [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]
- Infodruck_Anfang [0.4,0.4,0.4,0.4,0.4,0.4]
- Zufrieden_Anfang [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]
- Zufriedensdruck_Anfang [0.5,0.5,0.5,0.5,0.5,0.5]

5.2 DATEN ZUR DEFINITION DES SZENARIOS

Das Szenario wird zunächst durch die Festlegung der Branchen bestimmt. Dies geschieht durch das Menü: **Bearbeiten .. Bereich definieren** und der Benennung des Bereiches (hier: Br). Die Art des Bereiches ist eine Aufzählung, bei der die Elemente hinzugefügt bzw. gelöscht werden können. Wichtig ist, dass die meisten folgenden Eingabedaten von dieser Aufzählung abhängig sind. Eine Änderung hat daher für die Eingabe und das Modell eine Folge an Änderungskonsequenzen. Die Elemente entsprechen den Branchen (hier: Eng steht für Energie, Inf steht für Information, Mns steht für Ministerien, Pol steht für Polizei, Ordnungskräfte, Vrk steht für Verkehr, Bnk steht für Banken, Finanzen) Die Anzahl der Branchen (hier: 6) wird zusätzlich in der Konstanten *Anzahl_Branchen* definiert.

Die Definition der Konstanten und der Anfangswerte für die Simulation erfolgt über das Doppelklicken der entsprechenden Diagrammsymbole im sich dadurch öffnenden Definitionsmenü. Ein Teil der Eingabedaten kann mit EXCELL Tabellen bestimmt werden, die sich aus z. B. einer Gruppenarbeit ergeben (Bildung von Mittelwerten aus verschiedenen Meinungen). Diese Tabellen können in Windows mit Kopieren/Einfügen übertragen werden. Die hier benutzten Daten wurden entsprechend in einer ersten Anwendung ermittelt. Die szenarioabhängigen Daten sind :

Für die physische Ebene:

- Leistungsfaktor_zun [70,43,30,55,53,43]
- Leistungsfaktor_abn [20,12,3,22,2,15]
- Druckfaktor_abn [0.1,0.1,0.2,0.1,0.1,0.05]
- SpezInfoleistung [75,10,73,75,58,35]
- Restleistung [[0, 28, 73,80,28,55],
[81, 0, 73,84,76,53],
[98, 96,0, 89,96,98],
[100, 98,93,0, 70,92],
[86, 94,88,78,0, 88],
[96, 96,90,95,88,0]]

Für die Informationsebene:

- Infofaktor_zun [50,78,40,45,65,60]

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

- Infofaktor_abn [55,35,38,45,48,38]
- Infodruckfaktor_abn [0.1,0.02,0.2,0.1,0.1,0.05]
- Infoleistungsfaktor [0.6,0,0.9,0.9,0.7,0.3]
- Restinfo [[0, 76,81,82,83,86],
[46, 0, 55,60,75,48],
[98, 95,0, 81,96,97],
[98, 96,81,0, 75,95],
[85, 95,93,65,0, 89],
[93, 98,81,93,93,0]]

Für die soziale Ebene:

- Zufriedenfaktor_zun [28,22,8,10,18,13]
- Zufriedenfaktor_abn [30,24,10,16,24,16]
- Zufriedensdruckfaktor [65,44,30,31,45,35]
- Zeitverzug [14,16,23,16,6,9]

Für die Bewertung:

- Anteil_Ges_Leistung [0.9,0.05,0.05,0.5,0.8,0.5]
- Ertragsgröße [80,36,8,24,61,56]

Die folgenden Faktoren sind hier noch Platzhalter, sie müssten branchenabhängig definiert werden. Der Index (Ind in der Definition bezeichnet den Wert in dem Graphen des Definitionsmenüs) Die Werte dienen als absolute Größen für die Anzeige der Ergebnisse für die Spielteilnehmer in jeder Branche.

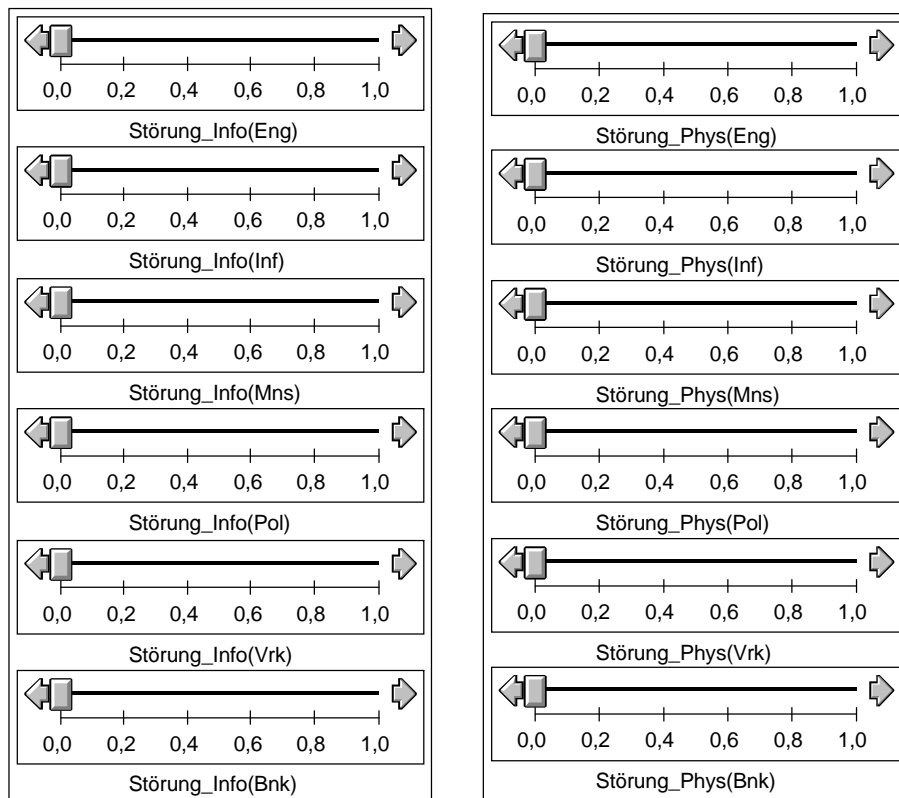
- Wert_absolut [1,11,24,49,79,98"Min:0;Max:100"]
- Info_absolut [0.19,43,66,73,81,100"Min:0;Max:100"]
- Prod_absolut [3,36,195,234,259,300"Min:0;Max:300"]
- Mein_absolut [-100,-40,-17,14,26,99"Min:-100;Max:100"]

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN

5.3LEITUNGSDATEN

Die Leitung kann bei Unterbrechungen der Simulation, bzw. Pausen über die Schieberegister Störungen eingeben oder Störungen zurücknehmen. Diese Schieberegister sind für alle Branchen möglich. Störungen sollten szenarioabhängige Ereignisse sein. Diese Ereignisse könne textlich oder als Bilder vorbereitet werden und den Spielparteien ausgegeben werden. Die Schieberegister sind:

- Störung_Phys
- Störung_Info

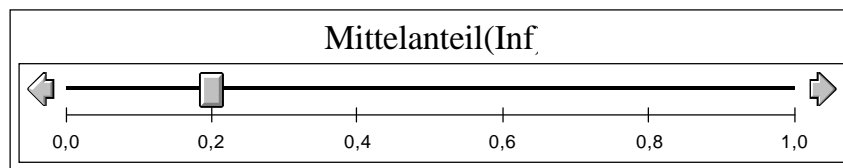
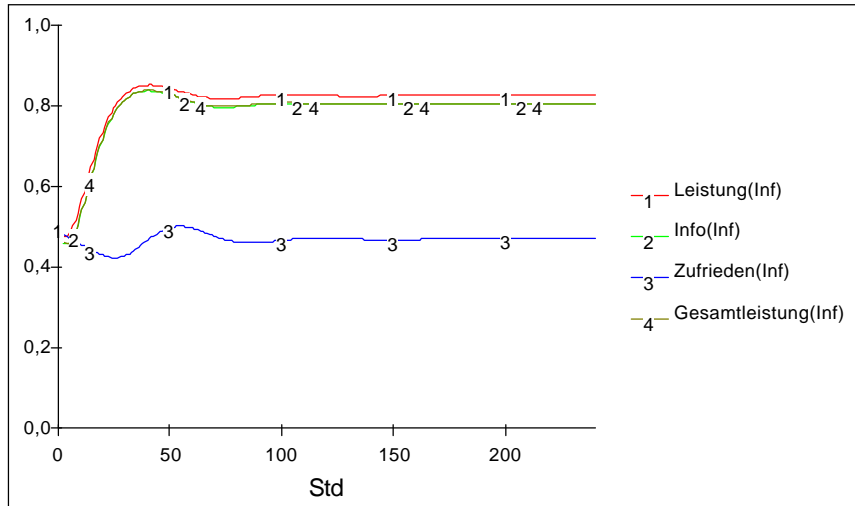
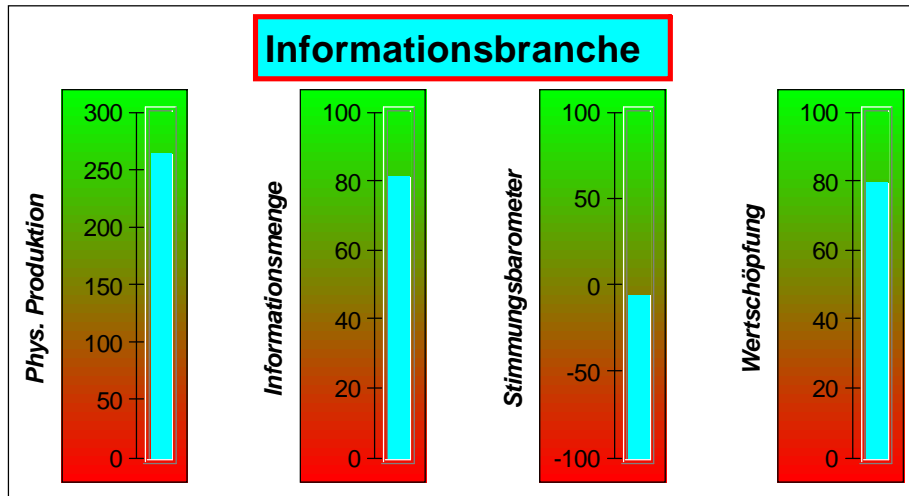


5.4 SPIELERDATEN

Die Spielparteien können in spezifisch gestalteten Fenstern für jede Branche sowohl den Verlauf der Simulation verfolgen als auch mit Schieberegistern bestimmte Größen bei Unterbrechungen und Pausen eingeben. Diese Größen sind:

- Mittelanteil
- Mittel_Branch

MODELL AUSGEWÄHLTER BRANCHEN ZUR SIMULATION VON KRITISCHEN STÖRUNGEN



5.5 SENSITIVITÄTSANALYSEN

Um die Berechnungsexperimente mit Modellen durchführen zu können und um die Auswirkungen von veränderten Parametern abschätzen zu können sind ausführliche Sensitivitätsanalysen erforderlich. Ausgehend von dem Zweck des Modells muss ein Anwender beurteilen können ob es möglich ist, die gedachte oder beabsichtigte Zielsetzung zur Anwendung des Modells zu erfüllen. Der Anwender hat also diese Sensitivitätsanalysen durchzuführen, die an dieser Stelle nur methodisch an einem Beispiel realisiert wurden.

Zum Zwecke der Sensitivitätsanalysen wurde das Powersim Testdiagramm als „Main“ Programm hinzugefügt. In diesem Programm sind die betrachteten Eingabegrößen und Ausgabegrößen mit dem eigentlichen Modell AKS2.1 verkettet und werden systematisch variiert. Im vorliegenden Beispiel wird die Eingangsgröße „Mittelanteil (INF)“ in Schritten von 0,1 zwischen 0 und 1 verändert (in MAIN als Größe X). Dies ergibt für die Ausgangsgrößen „Ertrag“, „Zufriedenheit“, „Leistung(ENG)“, Leistung(INF)“, „Info(ENG)“, und „Info(INF)“ Kurven über die Zeit, die entsprechend der Intervalle mit -1- bis -11- gekennzeichnet sind. Aus den Kurven kann abgelesen werden, dass sich der betrachtete Wert „Mittelanteil“ am sensitivsten zwischen 0 und 0,1 bzw. zwischen 0,9 und 1 auswirkt. Ob und inwieweit dies einem Vergleich zu der Realität standhält, muss der Anwender auf Grund seiner Erfahrung oder der verfügbaren empirischen Daten und im Sinne seiner Anwendungszielsetzung beurteilen und letztlich vertreten.