

## Auf dem Wege zur Modellkunde

Bernhard Thalheim <sup>1</sup>

**Abstract:** Modelle werden genutzt, (1) um sich eine Vorstellung zu machen, (2) um Handlungen jeder Art systematisch zu ordnen und zu begleiten, (3) um Auffassungen, Vorstellungen und Wissen zu verinnerlichen bzw. zu entwickeln und (4) um das soziale und interaktive Leben zu begleiten. Modelle wurden zu allen Zeiten entwickelt und verwendet. Modelle sind kleine Zusammenstellungen, um in der großen und komplexen Welt zurechtzukommen. Sie sind auf den menschlichen Gebrauch ausgerichtet und auch dem menschlichen Auffassungsvermögen angepaßt. Sie werden in der Wissenschaft und im Ingenieurwesen ebenso intensiv genutzt wie im täglichen Leben. Alles kann zum Modell werden, d. h. das Modellsein kann allem zeitweise auf wechselnder Grundlage zugeordnet werden.

Die Modellkunde systematisiert, homogenisiert und verallgemeinert die Erkenntnisse, Herangehensweisen und Nutzungsweisen von Modellen und vom Modellieren zu einer Kunst der Modellentwicklung und -nutzung. Modelle unterstützen in expliziter oder auch impliziter Form beim Wahrnehmen, Beurteilen, Erwarten, Denken, Sozialisieren, Entscheiden und Handeln.

**Keywords:** Modellkunde; Modelle; Modellieren; Modellsein

### 1 Modellierung, wo stehen wir heute?

#### 1.1 Eine Bestandsaufnahme

Modelle haben im letzten Jahrtausend bereits zu einer umfangreichen Forschungsliteratur mit weit über 4.000 Publikationen geführt z. B. [Mah21, Mül16, Pag18, TN15a]. Sie müssen nicht als ‚Modell‘ benannt sein. Es scheint, daß aufgrund der Vielfalt kein Modellbegriff für ‚Etwas‘ existieren kann<sup>2</sup>. Mit der breiten Benutzung der Bezeichnung ‚Modell‘ ohne Fixierung einer Definition wird ein Verständnis erschwert, wenn nicht unmöglich. Wir werden im weiteren illustrieren wie dieser Zustand überwunden wird. Der wesentliche Ansatz dabei ist, nicht das ‚Etwas‘ phänomenologisch zum Modell zu erklären, sondern das Modellsein direkt zu charakterisieren. Kann man beschreiben, warum ‚Etwas‘ als Modell genutzt wird, dann kann man auch für das ‚Etwas‘ Eigenschaften heraus destillieren, die das Modellsein des ‚Etwas‘ als Instrument charakterisieren.

<sup>1</sup> Christian-Albrechts-University Kiel, 24118 Kiel, Germany [bernhard.thalheim@email.uni-kiel.de](mailto:bernhard.thalheim@email.uni-kiel.de)

<sup>2</sup> M.W. Wartofsky konstatiert in [War79]: „[A]nything can be a model of anything ...“. „[I]t is being taken as a model which makes an actual out of a potential model; and every case of being taken as a model involves a restriction with respect to relevant properties.“

B. Mahr hat in einem frühen Vortrag definiert [Mah05]: „Ein Modell ist die Synthese einer begrifflichen Vorstellung, einer Ausdrucksform und einer Einnahme einer Rolle, durch die es eine Funktion erfüllt.“. Später hat er diesen Standpunkt aufgegeben aufgrund der Vielfalt von Modellen [Mah15b] als Erwiderung zu den Kommentaren zu [Mah15a]: „Die Frage, was ein Modell ist, habe ich als falsch gestellt abgetan.“

Die explizite Bezeichnung ‚Modell‘ wurde erst mit der Architekturtheorie im alten Griechenland eingeführt. Es kann angenommen werden<sup>3</sup>, daß Modelle in den allen Kulturen, Wissenschaften, im täglichen Leben und im Engineering bereits schon eine größere Bedeutung hatten und haben, wobei viele Modelle heute als selbstverständlich akzeptiert und oft nicht bewußt als solche wahrgenommen oder so benannt werden.

## 1.2 Generationen der Nutzung von Modellen

Modelle sind schon immer betrachtet und benutzt worden. Die Informatik als Technik zur Schaffung des Künstlichen hat eine beginnende Geschichte und zugleich eine spezifische Ausrichtung der Modellierung, der wir fünf Generationen zuordnen können:

1. Modelle als das implizite und oft auch intuitive Verstehen des zu Entwickelnden bzw. des Entwickelten z. B. von Programmen, der Maschine und das maschinenorientierte Verständnis in Kochbuch-Form;
2. Modelle als explizite Vorher-Modelle, die als Anleihe, Inspiration und Blaupause das Verständnis der Kodierung unterstützen in der Models-4-Programming-Form (M4P), d. h. kommunikativ und Ausgangspunkt für das Programmierhandwerk;
3. Modelle als explizite Nachher-Modelle anhand der Vorher-Modelle zur Betrachtung von Systemen, dem Nachweis von Programm-Eigenschaften und dem Übertragen der Erfahrungen auf Folgeaktivitäten;
4. Modelle als Treiber für eine modellbasierte Entwicklung, anfänglich als model-driven architecture, universelle Anwendungen oder conceptual-model programming und im weiteren in der model-2-program-Initiative oder beim modellzentrierten Entwickeln, so daß Modellierung zur Kunst der Programmierung beiträgt; [MMR<sup>+</sup>17];
5. Modellierung im modelling-as-programming-Zugang oder später im models-as-a-program-Zugang [DPT21], bei denen Modelle transformiert und kompiliert werden und der Zusatz zu lauffähigen Programmen bereits mit dem Modell (oder der Modell-Suite) mitgeliefert wird, so daß die Kodierung durch eine Modell-Technologie oder Modell-Kultur ersetzbar wird.

## 1.3 Drei Zugänge zum Modellbegriff

Ein Modellbegriff scheint schwierig zu sein und wird oft vermieden oder in spezifischer Form verwendet<sup>4</sup>. Es gibt nur wenige tragfähige Definitionsversuche für einen allgemeinen Modellbegriff, obwohl das ‚Modell‘ in allen Bereichen des Lebens, den Wissenschaften und den Anwendungen breit verwendet wird. Wir können die Vielzahl der existierenden

---

<sup>3</sup> Im KunstModell-Projekt <https://kunstmodell.de/> haben über 10 spezifische Modellkategorien für das alte Ägypten ausmachen können.

<sup>4</sup> Siehe z. B. [Mah21, Sta73, Sta92, Tha13, TN15a, Tho05].

Zugänge in der Benutzung von ‚Etwas‘ als ‚Modell‘ kategorisieren wie folgt, d. h. daß *Modellsein*:

Modelle als Konstruktion: Alles, was explizit konstruiert wird mit dem Ziel, Modell zu werden, ist ein Modell. Die Konstruktion bestimmt das Modellsein.

Modelle als Phänomen: Es werden allgemeine Eigenschaften von Modellen postuliert. Gegenstände oder auch mentale Vorstellungen sollen diese Eigenschaften in einer gewissen Form erfüllen, um Modell zu sein.

Allgemeine formale Modelldefinition: Der Begriff ‚Modell‘ kann mathematisch durch Eigenschaften, die zu erfüllen sind, eingeführt werden, so daß Modelle abgegrenzt werden können von Nicht- bzw. Unmodellen. Die Eigenschaften können verfeinernd an die jeweilige Definition angepaßt werden. Das Modellsein ist an die Gültigkeit dieser Eigenschaften gekoppelt. Diese Eigenschaften können schrittweise an spezielle Anwendungen angepaßt werden.

Das Verständnis von Modellen als konstruierte Objekte ist sehr alt und wird vielfach angewandt, wobei der *Konstruktionszugang* ein explizites Modellvorhaben voraussetzt. Dieser Zugang erfordert, sowohl die verfolgten Ziele als auch die Beziehungen zwischen Modell-Übermittler und allen potentiellen Rezipienten im Detail zu kennen sowie die konkrete Konstruktion des Modells für dieses Ziel.

Der oft verwendete *Phänomenologie*-Zugang betrachtet Gegenstände und Gedanken anhand des Auftretens von drei Phänomen: Abbildung, Verkürzung und Pragmatik. Dieser Zugang ist für einfache Modelle in relativ einfachen Zusammenhängen trotz seiner Unschärfe oft ausreichend. Oft wird ein deduktiver Zugang der Prädikatenlogik erster Stufe unterlegt, der jedoch nur einen kleinen Teil des modellbasierten Arbeitens unterstützt [Tha21, Tha22]. Setzt man auf subduktives Arbeiten [Rhe21], dann muß man auch Induktion, Abduktion und andere Formen des Schließens integrieren.

Die dritte Auffassung zum Modellsein orientiert sich an der *Nutzung* von Modellen, d. h. Modelle sind benutzbare, glaubwürdige, hilfreiche *Instrumente*, die einen Mehrwert durch ihre Benutzung versprechen. Inwieweit eine Nutzbarkeit, Glaubwürdigkeit, Nützlichkeit oder Wert vorliegen, unterliegt einem Urteil zum Modellsein. Das Modellsein fußt auf dem Instrumentsein, d. h. auf der Orientierung auf ein zu erreichendes Resultat. Diese Auffassung liegt der *Modellkunde* zugrunde.

#### 1.4 Ausblick auf die Modellkunde

Die Modellkunde kann man entwickeln zu einer übergreifenden Handwerkskunst und -lehre für alle Bereiche des Lebens, der Wissenschaften und der Technologie. Die Modellkunde berücksichtigt die Heterogenität der vielen unterschiedlichen Szenarien, Funktionen, Formen der Nutzung, Befähigungen der Benutzer und Grundlagen durch eine Systematik der Modellkategorien.

Es sind damit u. a. Fragen zu beantworten wie: Wann wird ‚Etwas‘ zum Modell? Welche Eigenschaften zeichnen ein Modell aus? Welche Qualität wird von einem Modell erwartet? Inwieweit kann man einem Modell vertrauen? Welche Eigenschaften schließen das Modellsein aus? Inwieweit ist ein Modell geeignet bzw. angemessen im gegebenen Anwendungsfall und wann nicht? Welches Potential und welche Leistung ist von einem Modell zu erwarten? Wie wirkt ein Modell durch seine Existenz auf seine Anwendungslandschaft und damit auf sich selbst zurück? Etc.

Die Modellkunde erlaubt eine systematische und begründete Diskussion über Modelle und ihren Eigenschaften, über das Modellieren und über die Modellierung. Aufgrund der Omnipräsenz von Modellen in allen Sphären menschlicher Tätigkeit ist eine Modellkunde allgemein wie eine Wissenschaft und anwendungsorientiert wie eine Technologie und zugleich auf das menschliche Tun ausgerichtet. Zugleich stellt die *Vereinfachungsforderung* für Modelle gegenüber dem Kontext und System- u.a. Welten eine Herausforderung dar.

### **1.5 Zusätzliche Aufgaben der Informatik-Modellkunde**

Da Modelle in der Informatik auch zur Produktentwicklung genutzt werden, müssen Modelle zusätzlich hinterfragt werden: Wie ist die Semantik in allen Facetten erfaßbar? Welche Qualitätskriterien für Modelle – wie z. B. Korrektheit, Berechenbarkeit, Validierbarkeit, Verifizierbarkeit, Vollständigkeit – können auf welche Art gewährleistet werden? Unterstützt die Modellierung auch die Ausprägung und Erstellung eines Systems in allen wichtigen Aspekten? Wie kann eine Modellgesellschaft sowohl technische Aspekte als auch das menschliche Interagieren reflektieren? Wie beherrscht man die Zusammenhänge innerhalb eines Ensembles von Modellen, z. B. für Systemmodelle und deren Reflektion durch deklarative oder informative Modelle? Wie beherrscht man die Fortschreibung, Modifikation, Integration und Evolution von Modellen bei Weiterentwicklung von Systemen? Kann man Modellierung unabhängig von unterlegten Paradigmen der Informatik gestalten? Wie sind Modelle für eingebettete, kollaborierende oder gesteuerte Systeme zu gestalten? Wie kann man Modelle auch für eine Wiederverwendung für andere Szenarien aufbereiten?

Eine Besonderheit der Informatik ist die *Verfeinerungsforderung* für die meisten Modellarten, d.h. aus einem Modell kann man auch ein präzises, hochqualitatives, genaues sowie ggf. formales Modell durch eine Verfeinerung des Ausgangsmodelles erstellen, so daß ein System auch nachgewiesenermaßen den erforderlichen Qualitätskriterien genügt. Die Verfeinerungstheorie [Bör03] ist bislang der erste Schritt dazu.

### **1.6 Die Kieler Modelldefinition**

Nach einer Bottom-Up-Analyse in den Wissenschaften und im Ingenieurwesen haben wir für eine allgemeine Definition des Modellseins in [TN15a] einen spezifischen Zugang zur Modellierung gefunden, der auch den Kern der Modellkunde darstellt. Postulate und Prinzipien dieses Zuganges sind die folgenden:

1. Das Modellsein ist eine **Zueignung** und basiert auf einem Urteil. Eine Definition des Modellbegriffes setzt auf dem Modellsein auf.
2. Das Modell kann in einer generischen, konfigurierbaren und spezialisierbaren Form [Bie08, TF16] aufgrund des Funktionierens des Modells als Instrument in einem Szenarium oder einem Spektrum von Szenarien dank der Angemessenheit (Adäquatheit und Verlässlichkeit) begriffen werden.
3. Das Modellsein kann *schrittweise und geschichtet* charakterisiert werden durch
  - a) die Betrachtung von ‚*Etwas1*‘ (Origins oder auch eine Konstellation), wobei
  - b) vorher das *wozu–warum–Szenario* geklärt ist und
  - c) das ‚*Etwas2*‘ als Instrument genutzt wird, das
  - d) mit Intention, Akzeptanz und *Urteil* über das **Modellsein**
  - e) durch den Rezipienten *genutzt* werden kann.
4. ‚*Etwas2*‘ ist nicht per-se Modell.

Wir nutzen nun den folgenden generischen Modellbegriff für die Modellkunde, wobei die einzelnen Eigenschaften parametrisch gegeben sind und durch Spezialisierung zur Definition der spezifischen Formen von Modellen genutzt werden können:

Ein Modell ist ein wohlgeformtes, angemessenes und verlässliches Instrument, das ‚*Etwas*‘<sup>5</sup> repräsentiert und in Nutzungsszenarien funktioniert.

Dieser Modellbegriff erlaubt eine weiter unten im Detail ausgeführte Anpassung an die vorgesehene Benutzung durch eine Schärfung der Parameter. Alles kann als Instrument in einem Nutzungsszenario genutzt werden, d. h. zum Instrument werden (Instrumentsein). Instrumente werden zur Erreichung bestimmter Ziele in einem Nutzungsszenario genutzt, repräsentieren Origins und werden dadurch zum Modell (Modellsein). Sie funktionieren als Modell in diesem Szenario in einer speziellen Rolle.

### 1.7 Unsere Agenda zur Einführung in die Modellkunde

Die Modellkunde wird einmal zum eigenständigen Zweig in der Informatik. Noch ist es keine Modelllehre mit ausgefeilter Didaktik oder eine Modellwissenschaft. In diesem Beitrag besinnen wir uns zuerst auf einige wenige Ideen zur Modellkunde. Im Abschnitt 3 stellen einen allgemeinen Zugang zur Entwicklung von Modellen vor, der erlaubt aus dem allgemeinen Modellbegriff einen auf die Anwendung zugeschnittenen Begriff abzuleiten. Wir beschränken uns hier auf das Modellsein und klammern mit dem Verweis auf [Tha22] die Nutzung von Modellen als Instrument aus. Wir schließen mit der Nennung einiger Forschungsthemen ab.

<sup>5</sup> Origins als Quelle, Ursprung, Ausgangspunkt.

## 2 Ein kurze Geschichte der Entdeckungen in der Modellkunde

Die Entwicklung der Informatik ist ebenso wie die Entwicklung der Rechenkunst stets von Modellen begleitet worden. Modelle spielten von Anfang an eine wichtige Rolle, unabhängig davon ob man die Geschichte der Informatik beginnt mit der Geschichte der Rechenautomaten vor C. Babbage (z.B. mit dem Modell einer analog-digitalen Rechenmaschine von Leibniz<sup>6</sup>) oder mit der Algorithmik des Mittelalters oder mit den Rechenkünstlern viel früherer Zeiten oder ob man die Geschichte der Informatik beginnt mit den logischen Theorien und Modellen des 20. Jahrhunderts. Wir beschränken uns im Weiteren auf die wesentlichen Schritte hin zur Modellkunde.

### 2.1 Modelle als Konstruktion

Modelle sind schon sehr früh als physische Modelle zur Darstellung des Funktionierens, einer Komposition, einer generellen Architektur, von theoriebasierten Einsichten oder zur Erklärung von Mechanismen und Konstruktionen eingesetzt worden. Sie veranschaulichen Wissen, Methoden und Techniken. Sie sind auch veranschaulichte und gestaltete Wirklichkeit und unterstützen das visuelle Denken, Verstehen, Erkunden, etc. Sie werden auch genutzt zum Fertigen z. B. mittels Schablonen. Physische Modelle sind Teil der visuellen Kultur in vielen Facetten [CH04]. Sie wirken durch ihre Formen anstatt einer textuellen Beschreibung. Sie stellen eine intentionelle Aktivität dar, kombiniert mit Rhetorik-Taktiken, visueller Kommunikation und verstecktem Wissen und Können.

In der Informatik sind 2D/3D-Artefakte oft auch Modelle, die erstellt wurden anhand von Vorstellungen und Erkenntnissen für das entsprechende Einsatzspektrum je nach Kontext, Rezipient und Funktion in Konstruktionsprozessen. Offen ist, inwieweit ein Prototyp oder ein Muster ein Modell eines zu schaffenden oder danach geschaffenen Systems ist.

Die Betrachtung von Modellen als Konstruktion führt direkt zum Kriterium der *Wohlgeformtheit für die Rezipienten* von Modellen. Wir integrieren in die Modellkunde auch die *Prinzipien der visuellen Kommunikation* [Mor20] und das Vorhandensein von *Hintergrundwissen* und von *impliziten* Modellen. Physische Modelle bestehen auch aus einer wohlintegrierten Gesellschaft von Modellen, d. h. aus einer *Modell-Suite*.

### 2.2 Modelle als Phänomenen

H. Stachowiak [Sta73, Sta92] hat eine logikbasierte Auffassung zum Modellsein auf einer speziellen Form der Adäquatheit anhand von drei Kriterien postuliert: (i) die *Abbildungseigenschaft* von einem Original bzw. Origin auf das Modell; (ii) die *Abstraktionseigenschaft* (auch Verkürzung) vom Original auf dessen essentielle, relevante und bestimmende Eigenschaften; (iii) die *Zweckbestimmung* als Pragmatismus-Eigenschaft eine Unterwerfung des

---

<sup>6</sup> Der Nachbau [Leh99] und der Nachweis der potentiellen Funktionsfähigkeit basiert auf dem entwickelten aber nicht umgesetzten Modell von Leibniz.

Modells unter einen Zweck und unter seine Verwendung für den jeweiligen Nutzer, seine Ziele, seiner angewandten Techniken und Werkzeuge, seines Zeitraums usw.

Weiterhin stellt er dar: „Ein Modell ist seinem Wesen nach eine in Maßstab, Detailliertheit und/oder Funktionalität verkürzte bzw. abstrahierende Darstellung des originalen Systems.“[Sta73] Das Modellsein kann auch mit einem Quintupel charakterisiert werden: „X ist Modell des Originals Y für den Verwender k in der Zeitspanne t bezüglich der Intention Z.“[Sta92]

Es werden drei Eigenschaften als Phänomene dargestellt, die z.T. zu speziell bzw. zu einschränkend sind. Sie können zu Eigenschaften von Instrumenten ausgebaut werden, die Modelle zumindest erfüllen müssen.

### 2.3 Die Darstellung des „wofür“ bzw. „wozu“ und „für wen“

Modelle sollen nicht einfach an sich als solche existieren, sondern werden in einer Anwendung in entsprechenden Anwendungsszenarien benutzt, um eine Aufgabe zu bewältigen. Dazu unterscheidet W. Steinmüller Modelle im engeren bzw. weiteren Sinne:

Ein Modell im engeren Sinne ist ein Bild eines Originals, „anhand dessen irgend welche Verhältnisse des Originals untersucht werden können.“ „Ein Modell im weiteren Sinne ist ein Modell (im engeren Sinne) von einem Original für einen Zweck für ein Subjekt ist.“ Kurz „ein Bild von Etwas für einen Zweck von Jemand. Noch kürzer: ‚Modell‘ ist stets ‚Modell-wovon-wozu-für wen‘“. [Ste93]

Modelle haben demzufolge ein Janus-Kopf-Verhalten [Hes06] mit dem Blick auf das Origin und auf das zu erreichende Resultat.

### 2.4 Das „Urteil“ zum Modellsein

R. Kaschek [Kas03] nutzt die Urteilstheorie A. Pfänders für eine Begründung des Modellseins, insbesondere für konzeptuelle Modelle als soziale Konstrukte. Dies erweitert die Sichtweise von P.C. Lockemann und H.C. Mayr [LM78], nach der ein Modell eine Vorstellung ist, die sich ein Individuum von einem System in seiner Umwelt bildet. Modelle sind nicht per se Modelle, sondern werden erst zu solchen durch entsprechende Bezugnahme in einer CoP. Durch Integration der Theorie des Urteils A. Pfänders [Pfä21] kommt R. Kaschek zur expliziten Berücksichtigung des Modellseins:

„Der Begriff Modell wurde in der vorliegenden Arbeit als Spezialfall des Begriffs Vorstellung erklärt. Vorstellungen wurden als Mengen von aufeinander bezogenen Urteilen charakterisiert.“ [Kas03]

### 2.5 Das „Origin“ und das „Cargo“

B. Mahr führt die oben genannten Ansätze mit der Modelltheorie Tarskis der Mathematischen Logik fort. Der Ausgangspunkt für die Modellierung ist das Origin als Quelle, Original,

Vorbild, Prototyp oder Bezugssystem, mitunter bei Existenz einer Abbildung auch Urbild. Im Weiteren gehen wir nicht nur von einem Origin aus, sondern von einem Kompositum mit primären und sekundären Elementen.

B. Mahr führt aus, daß „das Modellobjekt durch seine Herstellung oder Wahl mit einem *Cargo aufgeladen* ist, dessen *Herkunft* die Matrix und dessen *Bestimmung* das Applikat ist...“ [Mah15a], wobei die Matrix die wesentlichen und relevanten Eigenschaften des Origins darstellt. In [TN15a] umfaßt das Cargo die Mission, die Bedeutung, die Bestimmung und die Identität eines Modells. Modelle transportieren nicht nur das Cargo zum Resultat auf Grundlage des Origins, sondern unterliegen diesem, übernehmen es als Hintergrund, reichen es an und übermitteln auch diesen Teil an das Ergebnis der Modellnutzung. Das Cargo wird damit integriert in ein das Modell begleitendes *informatives Modell*.

## **2.6 Die Verlässlichkeit: Begründung und ausreichende Qualität**

Modellierung in der Informatik beginnt gewöhnlich mit der Übernahme der Ansätze und Erfahrungen in der speziellen Anwendungsart, so daß der Hintergrund und alle Annahmen wie Postulate und Paradigmen unhinterfragt übernommen werden. Vergleicht man innerhalb der Informatik die Herangehensweisen, dann stellt man große Unterschiede fest, so daß mehr als 60 verschiedene Definitionen [Tha18] für ein konzeptuelles Modell nicht verwundern. Analoge Beobachtungen kann man für viele Disziplinen machen. Meist sind die Begründungen für das Modellsein und die Qualitätsanforderungen sowie das Verständnis vom Einsatz von Modellen implizit. Deshalb wurde in [TN15a] die Verlässlichkeit als der zweite bestimmende Teil neben der Adäquatheit eingeführt.

## **2.7 Die Entdeckung der Nützlichkeit: Modelle als Instrument**

Oft wird für Modelle die Allgemeingültigkeit gefordert, obwohl dies nicht notwendig ist. Modelle sollen einem Ziel folgen und anwendbar sein. Sie werden genutzt, d.h. akzeptiert aufgrund ihres potentiellen Nutzens, wobei der Nutzen sich an vielen Funktionen von Modellen in Anwendungsszenarien orientiert. Typische Funktionen orientieren sich z. B. am Verstehen, Kommunizieren, Kooperieren, Dokumentieren, Illustrieren, Erklären, Lernen, Herstellen, Gestalten, Anleiten, Planen, Problemlösen, Erstellen, Herstellen und Testen [Mah15a, TN15a]. In allen Fällen sollen Modelle nützlich sein. Der Nutzen orientiert sich damit an den Szenarien, in denen das Modell eine Funktion hat.

## **2.8 Gibt es Definition für das „Modell“?**

Mit der Modellkunde nutzen wir einen generischen Begriff des Modells. Wir nutzen dazu einen generischen Modellbegriff, der je nach Anwendung, je nach Zweig der Informatik, je nach Modellkategorie schrittweise konfiguriert werden kann, so daß auch *spezifische Modellbegriffe* für eine spezifische Anwendungsart abgeleitet werden können. Dieser Zugang

stellt eine Abkehr vom phänomenologischen Modellbegriff dar. Das volle Begriffsgerüst zum Modellbegriff [TN15a] in Abbildung 1 umfaßt den in Abschnitt 1.6 präsentierten Kieler Modellbegriff in allen seinen Eigenarten.

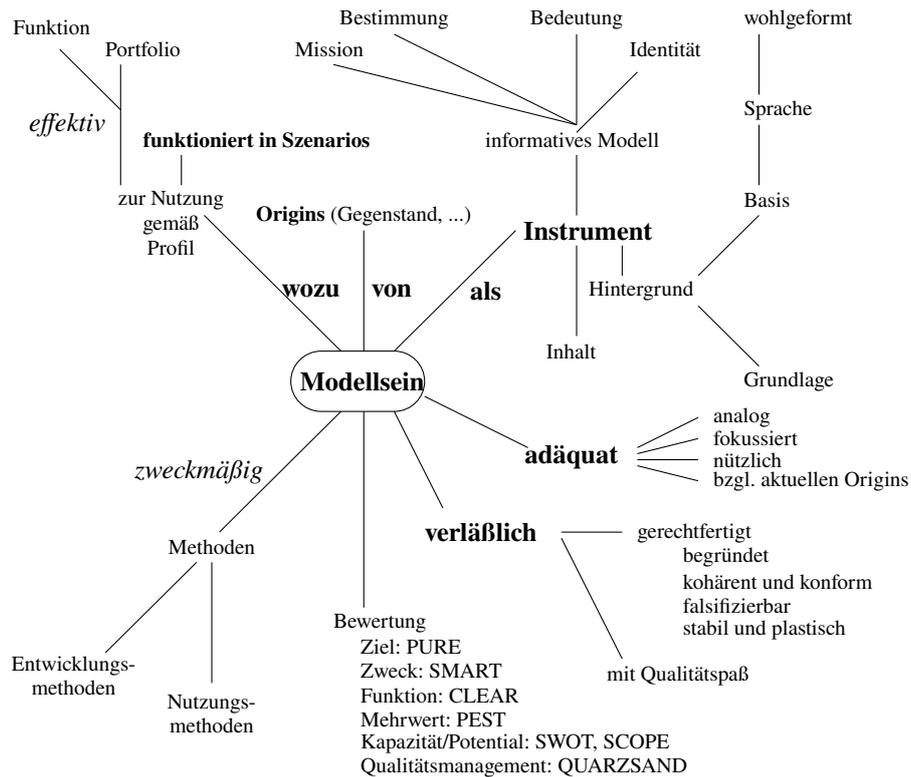


Abb. 1: Das Begriffsgerüst des Modellsein-Begriffes (sprachbasierte Modelle) (modifiziert aus [TN15b])

## 2.9 Die Modellreise durch Szenarien

Alles kann zum Modell werden, zumindest für eine gewisse Lebensspanne und Gültigkeits-spanne in einem Kontext für Szenarien. Das Modellsein ist dynamisch. Modelle entstehen, werden genutzt und vergehen. Sie kommen ggf. wieder in anderen Szenarien und wirken in einer anderen Funktion. Die Reise des Modells durch Szenarien in Abhängigkeit vom Betrachter kann man formalisieren nach V.J. Propp [Pro72] in Analogie zur Reise des Helden in Erzählungen und in Analogie zur Gestaltung von Websites mit einem Storyboarding [ST19]. Die Modellreise schließt die Entwicklung, die Evolution, die Modifikation und die variable Nutzung des Modells mit ein, sowie auch die Integration in andere Modelle und das Spiel mit der Abstraktion als multiple Verallgemeinerung und als Spezialisierung je

nach Gesichtspunkt (siehe z.B. [Fra22]). Die Modellreise kann auch in Modell-Familien bzw. Modell-Suiten [Pag18, Tha10] stattfinden. Eine Zueignung zum Modell schließt auch eine Rückwirkung auf die gesamte Modellumgebung und damit auch auf das Modellsein selbst im Sinne der Kybernetik zweiter Ordnung mit ein [Ump01].

## 2.10 Die Modellwerkstatt

Modelle sollen eine Fokussierung auf das Wesen und die Landschaft unterstützen und auch für die Nutzung einen Beistand und entsprechende Hilfsmittel besitzen, sowie auf eine gesicherte Analogie zurückgreifen können. Deshalb wird implizit auch eine Werkstatt vorausgesetzt, die zum einen die Stützung als „way of thinking“ und zum anderen die Ausstattung als „way of making“ (original „way of supporting“ in [DSS03]) einbringt. Die *Stützung* trägt auch zur Verlässlichkeit von Modellen bei. Sie wirkt als Rückhalt, Basis, Träger, Begründung und Bestücker für das Modell selbst und auch für die Nutzung des Modells. Die *Ausstattung* ermöglicht die Formung des Instruments, die Nutzung und damit das Funktionieren des Modells in Szenarien. Sie stellt das erforderliche Instrumentarium und die Mittel zur Entwicklung und Nutzung des Modells bereit. Modelle sind oft sprachbasiert, so daß die Sprachwissenschaft mit Erweiterungen aus der Biosemiotik [Bar07] oder aus kognitiven Wissenschaften breit verwendet wird. Zur Ausstattung kann auch ein formaler Apparat z.B. durch Methodiken der Mathematik heran gezogen werden.

Die Existenz der Modellwerkstatt wird im Triptychon-Zugang zur konzeptuellen Modellierung [MT21] aufgrund der Besonderheiten der konzeptuellen Modellierung zu den beiden Dimensionen *Enzyklopädie-Dimension* und *Sprach-Dimension*. Typische Ausstatter für die sprachbasierte Modellierung sind *semiotische Hilfsmittel* [HM08].

## 3 Konfiguration und Kanonisierung von Modellen

Jede Disziplin hat ihre Zugänge entwickelt, ihre Pfade ausprobiert, sich auf erfolgreiche Zugänge orientiert, die anderen Zugänge verdrängt und z.T. vergessen, die Ausbildung ausschließlich auf solche Zugänge reduziert und sich auch in der angewandten Forschung nur auf den Erfolgskanon orientiert. Die Kultur im Sinne von G. Hofstede [HHM10] als kollektive erzieherische Ausprägung einer dominierenden Auffassung sollte aber trotzdem alternative Zugänge bewahren und wieder aufnehmen. Auch für die Modellkunde gibt es solche disziplinären Pfade.

### 3.1 Eine Herangehensweise an die Modellkunde

Im Weiteren konzentrieren wir uns auf eine Herangehensweise der Modellkund, die sich in vielen Projekten auch außerhalb der Informatik bewährt hat z.B. in der Medizin, der Archäologie und der Ägyptologie. Sie ist jedoch eine von vielen. Sie ist jedoch gut begründet in der tiefen Bottom-Up-Analyse des Wirkens mit Modellen in mehr als 20 Disziplinen [TN15a].

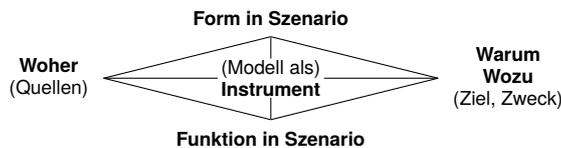
1. Der *generische Modellbegriff* ist ein parametrisiertes System, dessen Parameter instantiierbar je nach Profil/Portfolio sind. Generische Zugänge erlauben im Gegensatz zu einem Top-Down-Zugang mit einem allgemeinsten Begriff des Modells eine schrittweise Verfeinerung.
2. Modelle sollen nützlich und hinreichend einfach nutzbar sein. Deshalb steht eine Klärung der *Einsatzziele/-zwecke/-funktionen* für den Einsatz und damit auch die Entwicklung des Instruments Modells vor einer Entwicklung. Wir klären zuerst das *Wesen* eines Modells und schärfen das Verständnis für die *Landschaft* innerhalb von intendierten Anwendungsfällen, deren Szenarien, der *community of practice* (CoP) und des Kontextes. Darauf können die üblichen Schritte des requirements engineering aufgesetzt werden und die Strategie und Taktik enger gefaßt werden. Mit dieser Meta-Fokussierung des Modells als Instrument erhalten wird eine *Konfiguration*, können auch daraus eine Architektur oder *Anatomie* ableiten und mit einer Beschreibungsform als *Signatur* erfassen.
3. Mit der expliziten Konfiguration für das einzelne Modell kann eine *Kategorisierung* und damit innerhalb der jeweiligen Kategorien eine *Kanonisierung* des Modellseins anhand des Wesens (Natur), der Landschaft, der Strategie und der Taktik für eine systematische erfahrungsintegrierende Entwicklung und Nutzung von Modellen als Instrument vorgenommen werden. Nutzt man eine Unterscheidung nach Szenarien und der primären im Modell erfaßten Aspekte, dann unterteilen sich zuerst die Kategorien in solche (1) zur Reflexion insbesondere von Vorstellungen, (2) zur systematischen Begleitung und zum Ordnen von Handlungen, (3) zum Denken und zur Wissensbehandlung und (4) zur sozialen und kollaborativen Daseinsbewältigung. Diese Kategorien können nach der Ausrichtung innerhalb der CoP weiter unterteilt werden. Mit einer solchen Herangehensweise kann auch eine Kanonisierung der Adäquatheit, der Verlässlichkeit, der Wohlgeformtheit, der Invarianz, des Mehrwertes und der Qualität vorgenommen werden.
4. Diese Herangehensweise erlaubt nun auch Kanonisierung der *Modellseins-Eigenschaften* für ‚Etwas‘ anhand potentieller Origins und ggf. auch ausgewählter oder aktueller Origins. Wie können damit Modelle von Nicht-Modellen und sogar Un-Modellen unterscheiden. Es entsteht damit ein *spezifischer Modellsein-Begriff* nach der Konfigurierung und der Kanonisierung.
5. Die Kategorisierung und Kanonisierung integriert anhand der Handlungen mit Modell Erfahrungen mit dem Modell. Wir können daraus – ebenso wie in anderen wissenschaftlichen und technischen Disziplinen – *Stereotype*, Muster und Templates für die Erstellung und Benutzung von Modellen ableiten. Diese Stereotype erleichtern nicht nur das Modellieren in analogen Anwendungen sondern erlaubt auch eine Ableitung einer Methodik oder von Methodologien für Anwendungen.
6. Diese schrittweise Verfeinerung ist eine *Ausprägung aller Parameter* des Modellbegriffes, so daß damit sowohl eine Adäquatheit und Verlässlichkeit als auch die

Verwendbarkeit als Modell explizit gegeben ist. Zusätzlich kann ein *Modell des Modelles* abgeleitet werden, das als informatives Modell in Form eines *Modellhauses* analog zur einer Gebrauchsanleitung zum schnellen Verstehen, zu einer Architektur des Modellseins, zum didaktischen Darstellen und auch zur Dokumentation des Instrumentes, seiner Benutzbarkeit und seines Spezifikums benutzt werden kann,

- Wie in vielen Anwendungen entstehen damit spezielle *Nutzungs-,spiel’/-formen* des Modelles für die jeweilige CoP, für die Verfeinerung der Szenarien, für Anleitungen, für Regeln, für Stereotypen etc. Diese Nutzungsformen können für die jeweiligen Origins angepaßt und unproblematisch übernommen werden.

### 3.2 Die schrittweise Konfiguration von Modellen

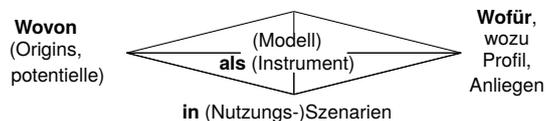
Es scheint mit dem weiten Spektrum, das die Modellkunde umfaßt, unmöglich, eine Systematik zu Modellen zu finden. Wir können uns des Tricks bedienen, von der allgemeinen Charakterisierung und der Landschaft, in die das Modell eingebettet ist, zu strategischen und taktischen Entscheidungen, zu der operationalen Umsetzung und letztendlich zur Anwendung von Modellen selbst zu kommen. Diese Schichtung folgt einer Basiert-auf-Beziehung.



Wir wollen nun zeigen, wie eine Konfiguration und damit eine Kanonisierung des Modellseins erhalten werden kann. Wir nutzen, modifizieren und verallgemeinern dazu die links-rechts-

gerichtete Rhombus-Darstellung von B. Mahr [Mah21] zur Visualisierung der unterschiedlichen Elemente des *Modellseins*. Ein Modell reflektiert Origins und Kontext, wird in einer bestimmten Form für Funktionen genutzt und funktioniert als Instrument entsprechend Zielen und Zwecken.

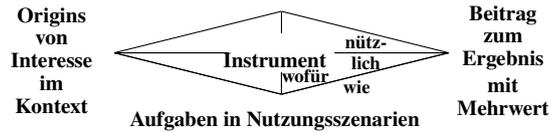
**Das Wesen:** Mit dem Instrumentsein von Ideen und Objekten ist auch die *Natur* bzw. das *Wesen* des Modells anhand des Anliegens bzw. der zentralen Fragestellung allgemein erklärbar.



Ein Modell ist eine Reflexion oder Repräsentation von Origins, die eine Reihe von gemeinsamen Eigenschaften als *Invarianten* haben, die auch im Modell vorhanden sein sollen und auch voll an

das Resultat weitergegeben werden sollen. Damit folgt das Modellsein einem **Wovon-Als-Wofür-In**-Muster, d. h. wir nutzen Modell **wovon** Origins **als** Instrument **wofür** das Erreichen eines Resultats im Rahmen des Profils **in** bestimmten Nutzungsszenarien. Das Wesen wird am allgemeinen Profil von Modellen orientiert, d. h. dem Ziel, Zweck und der Funktion des Modells in einer Anwendung.

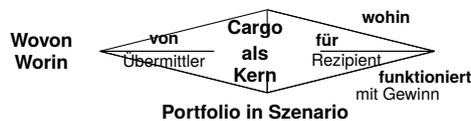
**Die Landschaft: Die Mission** beschreibt den intendierten Gebrauch von ‚Etwas‘ als Modell in einem Kontext und einer Situation.



Mit der Anwendungsorientierung von Modellen, dem Modellieren und der Modellierung kommt die zweite Perspektive zum Tragen, die wir als ‚Landschaft‘ des Modells bezeichnen:

die Anwendung und Nutzung von Modellen in einem (oder auch mehreren) Anwendungsszenario, in dem das Modell entsprechend seinem Profil funktioniert und den Invarianten genügt. Im Anwendungsszenario stehen Aufgaben, die gelöst werden sollen mit dem Modell. Das Modell wird genutzt, um eine Lösung zu gewinnen. Damit hat das Modell auch einen Mehrwert durch seine Nutzung.

**Die Landschaft: Die Marke** beschreibt die Akzeptanz des Modellsein. Das Instrument transportiert das Cargo als Kern des Modells auf seine Weise (inwiefern) aus der Origin-Welt (wovon, worin) zum Ergebnis und dies gewinnbringend in angemessener (adäquat, verlässlich) Form durch den Modellierer für den Rezipienten in der Modellreise (wohin, worin).



Zweites Element der Anwendungslandschaft ist die Marke, nach der das Modell konstituiert wurde. Mit der Marke wird auch der Kontext – z. B. der disziplinäre – und insbesondere die Nutzergemeinschaft determiniert. Ein Übermittler (wer) – bzw. im Idealfall der Modellierer –

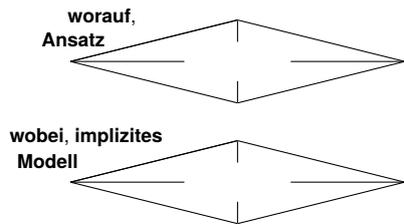
‘übergibt‘ das Modell (was) in diesem Kontext (worin) einem Rezipienten (wem) für eine bestimmte Aktivität (Aktion) in den Grenzen der Invarianten. Die Marke ist demzufolge charakterisiert durch ein Muster der Form

von<sup>Origins, Kontext</sup> 2 für<sup>funktioniert gemäß</sup> Portfolio.

**Die Strategie: Die Matrix** konditioniert das Modellsein und damit das Instrument als Modell in zwei Ausprägungen, zum einem durch einen Ansatz bzw. eine Methodik und zum anderen durch Übernahme von bereits erprobten Modellen. Die *disziplinäre Matrix* verallgemeinert die Ansätze von T. Kuhn und L. Fleck [Fle11, Kuh70]<sup>7</sup>: (1) strategische Bestandteile, (2) Überzeugungen und Werte innerhalb der CoP, (3) Erfahrungen anhand von Beispielen, (4) eine Leitfrage als Hauptanliegen und (5) Methodiken bzw. Ansätze. Methodiken schließen auch Schablonen, Direktiven, Leitlinien und Methodologien mit ein. Eine Matrix ist etwas (z. B. eine Umhüllung) „in oder aus dem etwas anderes entsteht, sich entwickelt, oder entnommen wird.“ [BBW15] Eine Modellgemeinschaft teilt eine ‚Philosophie‘ und auch Techniken der Modellentwicklung und -nutzung. Wir können die

<sup>7</sup> Die ersten drei Teile der Matrix wurden von L. Fleck eingeführt und von T. Kuhn übernommen.

Matrix als eine strategische Grundlage für das Modell verstehen.

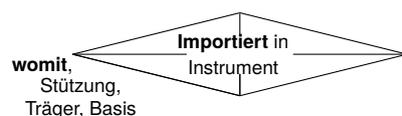


Modelle basieren meist auf früheren Erfahrungen, Erkenntnissen und Erfolgen. Sie sind eingebettet in diesen impliziten Hintergrund, der auch typisch für andere Modelle sein kann. Die Matrix besteht zum ersten aus einem Ansatz und zum zweiten aus impliziten Modellen.

Innerhalb des durch das Wesen und die Landschaft gegebenen Rahmens stellt der *Ansatz* ein Muster oder eine *Schablone des Vorgehens* sowohl für die Entwicklung und als auch für die Nutzung und Verwendung von Modellen bereit, der an den konkreten Anwendungsfall noch anpaßbar ist. Mit dem Ansatz wird auch eine Konfiguration der Adäquatheit und der Verlässlichkeit für Modelle übernommen, so daß sowohl das Spiel von Analogie und Fokus als auch für die Verlässlichkeit die Begründung und die Ausprägung der Qualitätscharakteristiken geprägt ist.

*Unterlegte implizite Modelle* sind zum einem intrinsische, immanente, innere und eingeschlossene Modelle, die als unverrückbarer Hintergrund einem Modell unterlegt werden, und zum anderen in der Denkfamilie gut bekannte Spendermodelle für ein effektives und vereinfachendes Benutzen des Gesamtmodells. Oft sind implizite Modelle bereits mit einem generischen Modell gegeben.

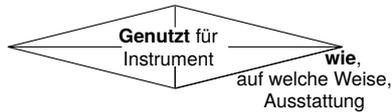
**Die Taktik: Die Stützung** von ‚Etwas‘ als Modell erfolgt durch einen Import bzw. eine modifizierte Übernahme von Spendern, Trägern, Stützpunkten, Weltwissen, allgemeinen persönlichen Auffassungen und Vorstellungen, verwendeten Grundlagen, etc.



Modelle besitzen eine Umgebung zur Unterstützung und zur Befähigung, ähnlich zu einer Werkstatt. Sie benötigen einen Träger, eine Unterlegung bzw. eine Unterstützung und eine Fundierung.

Dabei integrieren sie sowohl Spendermodelle als auch das Wissen aus dem Anwendungsgebiet wie z. B. Begriffswelten. Der Modell-Denkraum wird für Modelle als taktische Umgebung in einer Fokussierung vorausgesetzt.

**Die Taktik: Die Ausstattung** eines ‚Etwas‘, das als Instrument bzw. Modell genutzt wird, umfaßt alle genutzten Hilfsmittel, die man mit dem Bild eines Instrumentariums einer Werkstatt beschreiben kann.



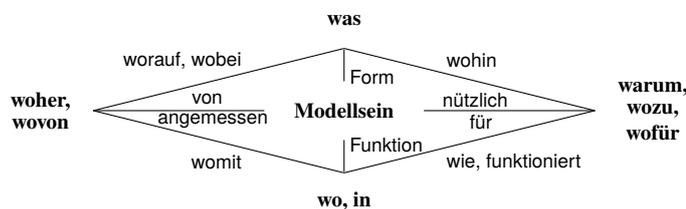
Modelle besitzen eine Umgebung zur Unterstützung, Ausstaffierung und zur Befähigung, ähnlich dem Instrumentarium einer Werkstatt. Das Modellsein wird ermöglicht durch Hilfsmittel zu ihrer Formung und Nutzung und bereitgestellte Methoden. Sie werden ausgestattet mit Techniken als auch einer Methodologie aus dem Anwendungsgebiet. Ein oft verwendetes Hilfsmittel sind an den Anwendungsbereich angepaßte Sprachen, z. B. zur Kommunikation und für Dialoge. Andere Werkzeuge unterstützen Handlungen mit Modellen. Die Werkzeug-Ausstattung des Modell-Denkraumes wird für Modelle als taktische Umgebung vorausgesetzt.

**Die Invarianz** überspannt ebenso wie der Mehrwert alle Teile des Arbeitsblattes. Sowohl strukturelle als auch funktionelle Invarianten werden von den potentiellen Origins über das Modell zum Resultat der Modellanwendung übertragen.



Wesentliche Aspekte der erfaßten Welt, insbesondere der Origins, sollen sich im Modell und auch im Resultat der Anwendung wiederfinden. Diese Aspekte sind gleichartig für alle potentiellen Origins und bilden einen stabilen Kern für die Betrachtung. Sie werden als Invariante zusammengefaßt. Wir unterscheiden hierbei primäre, sekundäre und optionale Invarianten. Es wird hierbei auch eine Kompromißbetrachtung erforderlich, um Modelle nicht zu überladen. Invarianten sind sowohl in die Landschaft, die Strategie und die Taktik eingebettet zum einem durch Angabe, zum anderen durch eine Einbettung und des weiteren durch eine Erzwingung.

**Die Konfiguration des Modellseins** faßt das Wesen, die Landschaft, die Strategie und die Taktik als eine Anpassung des Modellseins an die Modellsituation zusammen. Sie wird oft als gegeben vorausgesetzt.



Die Konfiguration stellt ‚Rohfassung‘ dar, die genutzt werden kann, um sich auf die speziellen Origins anhand der gegebenen Funktion in einem Anwendungsszenario zu konzentrieren, d. h. ein Modell zu konfigurieren sowohl einerseits für den Übermittler als auch andererseits für den Rezipienten. Damit wird anhand dieser Konfiguration ein Modell vorgefertigt.

Diese Konfiguration mit einem ‚Rohling‘ als Werkstück wird genutzt, um systematisch eine

Modellkomposition vorzunehmen und einen Aufbau und eine Struktur sowohl deklarativ als auch funktional zu entwickeln, d. h. eine *Anatomie* eines Modells, z. B. als Modell-Suite zu konzipieren.

Die Konfiguration führt direkt auf einen abgeleiteten *disziplinären Modellbegriff* [Tha22]: „Gegeben sei eine Konfiguration für die Modellierung. Ein disziplinäres Modell ist ein Modell mit vorkonfigurierter Adäquatheit und Verlässlichkeit, das gemäß den Anforderungen der Konfiguration in vorgesehenen Szenarien funktioniert.“

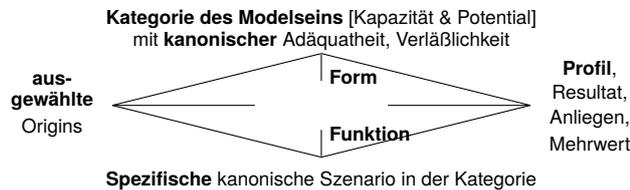
Der disziplinäre Modellbegriff richtet sich an den *Kernpunkten* (für Modelle am Wesen und der Landschaft), an den *üblichen Ansätzen* und *Herangehensweisen* sowie den impliziten *Erfahrungen* (für Modelle die impliziten Modelle) und an den *vorhandenen Mitteln* (für Modelle an der Stützung und Ausstattung) der Disziplinen aus.

### 3.3 Die Kategorisierung von Modellen

Die Vielfalt der Verwendung von Modellen scheint eine Modellkunde zu verhindern. Der prä-sentiertere Zugang zur Konfiguration erlaubt eine Ableitung von spezifischen Modellbegriffen aus dem generischen Modellbegriff je nach Anwendungsszenario.

**Ein Kategorisierung des Modellseins:** Modelle werden primär (1) zur Präsentation von Vorstellungen, (2) zur Begleitung von Handlungen, (3) als Denkhilfe für Auffassungen, Vorstellungen bzw. Wissen oder (4) zur Daseinsbewältigung genutzt. Damit erhalten wir bereits ein grobe Kategorisierung. Nutzen wir weiterhin die Marke und die Mission, dann kann man eine feinere kanonische Kategorisierung erhalten.

**Eine kanonische Parametrisierung für das Modellsein** anhand der Kanonisierung der Modell-Eigenschaften und der Szenarien basiert auf typischen Herangehensweisen in den Anwendungen.



In vielen Anwendungen, die Modelle verwenden, finden wir zum einem eine solche Kanonisierung der Adäquatheit und Verlässlichkeit und zum anderen eine Kanonisierung der Szenarien, in den das Modell als Instrument funktioniert, vor. Diese Kanonisierung führt auch direkt auf eine Kategorisierung von Modellen. Es werden dann die Kanons für die jeweilige Kategorie vorausgesetzt und übernommen.

nisierung der Szenarien, in den das Modell als Instrument funktioniert, vor. Diese Kanonisierung führt auch direkt auf eine Kategorisierung von Modellen. Es werden dann die Kanons für die jeweilige Kategorie vorausgesetzt und übernommen.

**Vom generischen Modellbegriff zum disziplinären Kategorien-Modellbegriff:** Die Kategorisierung, Kanonisierung und Konfiguration führt direkt auf einen spezifischen Modellbegriff, der ein Kategorie-Modellbegriff ist. So kann dann mit [MT21], ein **konzeptuelles Modell**, das eine weit genutzte Kategorie ist, definiert werden als:

*„Ein konzeptuelles Modell stellt eine präzise und zielgerichtete Konsolidierung einer Reihe von abstrakten Begriffen dar, die mit Hilfe von Termen in einem einem vordefinierten sprachlichen Format dargestellt werden. Als solches schafft es eine Sicht auf einen bestimmten enzyklopädischen Hintergrundraum abstrakter Begriffe.“*

Ein alternative explizite Ausformulierung der Konfiguration, die das Modellsein voraussetzt, führt zu [Tha21]:

*Ein konzeptuelles Modell ist als ein Modell <sup>8</sup>*

- *ein Präsentationsmodell,*
- *das unterstützt wird von abstrakten Begriffen aus einem enzyklopädischen Hintergrundraum,*
- *das formuliert wird durch referenzierende Terme in einer Sprache, die gut strukturierte Formulierungen ermöglicht,*
- *das basiert auf mentalen/Wahrnehmungs-/Situationsmodellen der Origins mit ihren eingebetteten abstrakten Begriff(en), wodurch es seine Verlässlichkeit und andere Kanons von Origins und den Anwendungen erbt, und*
- *das sich orientiert an einer allgemein akzeptierten strategischen Matrix.*

Die gesamte Vielfalt der Begriffe von einem konzeptuellen Modell in [Tha18] kann mit einer jeweiligen speziellen Anpassung aufgrund der Ausrichtung des jeweiligen Begriffes abgeleitet werden.

**Vom Kategorien-Modellbegriff zum konkreten Anwendungsfall:** Das Kategorien-Modellsein kann nun einfach an den konkreten Anwendungsfall angepaßt werden. Z. B. für die konzeptuelle Datenbank(struktur)-Modellierung mit einer erweiterten Entity-Relationship-Modellierungssprache übernehmen wir das Wesen, die Landschaft, Strategie und Taktik der konzeptuellen Kategorie und verfeinern diese zum einem um *Paradigmen* der Datenbank-Welt (Kompositionalität, System-Konstruktion als Kommunikationsorientierung, statisch dominiert dynamisch, Syntax-Semantik-Separation, DB-IS-Kultur, Kontextarmut, etc.), zum anderen um *Postulate* der objekt-relationalen DBMS (Global-As-Design, Prädikatenlogik als Fundierung, objekt-relationale Strukturierung, Homomorphie (oder der komplexere Infomorphismus) als Analogie, Salami-slice, OR-Normalisierung, Maschinorientierung, Datenqualität, ER-Denkschule und -Gemeinschaft, Daten-Abstraktion, Visualisierung zuerst, etc.) sowie ergänzen des weiteren diese durch die sieben *Prinzipien* der Konzeptualisierung [Gri09] und andere Commonsense-Prinzipien (OR-Normalisierung, Generalisierung und Spezialisierung, strenge Separierung von Gesichtspunkten, Redundanzarmut, etc.) neben den Prinzipien der Modellierung (Substitution, KISS, Form folgt Funktion,

<sup>8</sup> adäquat, verlässlich, wohlgeformt, in Szenarien funktionierend

etc.). Diese Verfeinerung wird noch angereichert werden durch Plattform-spezifische *Annahmen* (z. B. Datentyp-Systeme, Programme als Hilfsmittel).

### 3.4 Das Arbeitsblatt

Das Arbeitsblatt präsentiert ein intendiertes Modell (model-what-is, model-as-should-be, what-how-why-when-where, model-used) und erlaubt eine Eingrenzung für die Identität eines Modells. Die Situation und das Szenario, in dem ‚Etwas‘ als Modell angesehen wird, werden durch das Arbeitsblatt untersetzt durch Antworten auf Fragen wie die folgenden, die analog für die Systemtheorie gestellt werden, z. B. [Alt13, Gre06]: Welches Problem und welche Möglichkeiten stehen primär und ggf. sekundär im Mittelpunkt? Welche Modelle und Modellkategorien erlauben es, diese Probleme anzugehen? Welche Faktoren charakterisieren das Modell? Worin liegen die Grenzen einer solchen Modellkategorie? Welche Funktionen werden in den gegebenen Szenarien durch welche Herangehensweisen durch das Instrument unterstützt? Welche Verlässlichkeit ist damit zu erwarten? Auf welche Art wird das Spiel von hinreichend genauer Analogie und sparsamem Fokus aufgelöst? Welche CoP agiert in welcher Rolle, welchem Bestreben und welcher Ausführung? Welche Stützung und Ausstattung sollte das Modell als Instrument haben und welche hat es aktuell? Ist die gewählte Orientierung auf den gegebenen Ansatz und das implizite Modell ausreichend? Welchen Beitrag kann ‚Etwas‘ als Modell in der gegebenen Situation haben? Inwieweit kann das Modell bei Veränderungen der Situation weiter verwendet werden? Welches Potential und welche Kapazität hat ein solches Modell und welche fehlen? Welche Form und Ausprägung sollte das Modell als wohlgeformtes und nutzbares Instrument haben?

Der Rhombus in Abbildung 2 faßt die Konfiguration für ein Modellsein zusammen. Daraus ist ggf. eine Kanonisierung und eine Kategorisierung ableitbar. Die Kategorisierung schließt intern auch das Wesen, die Landschaft, die Strategie und die Taktik mit ein, so daß man damit auch das spezifische Modell in der konkreten Anwendung als „normales“ Modell ausarbeiten kann.

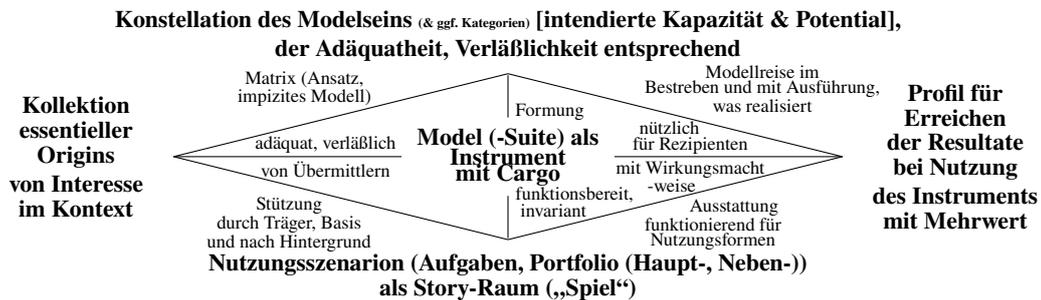


Abb. 2: Das Arbeitsblatt für das Modellsein zur Erstellung eines Modells nach Vorgaben eines Bestellers und zur Nutzung durch einen Rezipienten

Ein Arbeitsblatt kann durch Fallstudien unterlegt werden. Es beschreibt nur die Modellart oder Modell-Kategorie und kann durch eine Modell-Signatur auch systematisch geordnet dargestellt werden. Methodologien dienen zur Ergänzung, Ordnung und Gliederung der Arbeitsblätter und enthalten auch normative und informative Empfehlungen und Hilfen sowie Arbeitsabfolgen.

#### 4 Ein kleiner Ausblick auf Forschungsthemen

Die Modellkunde ist eine junge Disziplin, die sowohl in der Praxis als auch der Forschung und des weiteren in der Lehre als eine geordnete Faktensammlung zusammengestellter Kenntnisse und Erfahrungen z. T. funktioniert. Sie kann systematisiert und verallgemeinert werden zur ‚technischen Kunst‘ der Beherrschung von Handlungen – insbesondere Herstellungshandlungen – hin zu einer theoretisch bewußten und gesicherten und in der Praxis erfolgreich erprobten *Kunde* für eine Erschließung von Kenntnissen, für die Nutzung von Erkenntnissen und Erklärungen, für die Vermittlung von Anschauungen und Vorstellungen und für die verstehende und begründete Praxis.

In der Informatik erhalten Modelle mit der Schaffung, der Gestaltung, der Erschließung und der Nutznießung des Künstlichen (*technē*) einschließlich formaler Verfahrensweisen eine zusätzliche Aufgabe neben dem für Modelle üblichen Begreifen, Orientieren und Darstellen (*logos*, *λόγος* mit *doxa* und *noesis*) von Gewißheiten (Meinung, Überzeugung, Praxis), von Kulturen und eines Konsenses. Mit verschiedenen Wesen und Landschaften von Modellen wird es eine spezifische pluralistische Modellkunde in der jeweiligen Teildisziplin der Informatik geben (Proliferationsprinzip), die wir mit einer angepaßten Konfiguration des Modellseins begleiten können.

Demzufolge ranken sich Forschungsaufgaben um allgemein gesicherte Grundlagen und um eine begründbare Handlungsorientierung für Modelle und Instrumente unter Ein-schluß von bildungssystematischen und praxisorientierten Schemata für Modellentwicklung, -fortschreibung und -nutzung bei gleichzeitig theoretisch und praktisch orientierten Tätigkeiten und als dies im zeitlich wechselndem und meist ungesichertem Verständnis der beobachtbaren Realität der Informatik-Systeme und der Informatik-Nutzer.

**Anmerkung:** Ich danke den acht MMM-Diskussionsforen (Model-to\_Model-Modelling) der letzten Jahre (Informatik (deutsch, englisch, konzeptuell), Medizin, Ägyptologie, Archäologie, MIS, Pädagogik), die regelmäßig Aspekte der Modellkunde vertiefen.

#### Literaturverzeichnis

- [Alt13] Steven Alter. Work system theory: overview of core concepts, extensions, and challenges for the future. *Journal of the Association for Information Systems*, page 72, 2013.
- [Bar07] M. Barbieri. *Introduction to biosemiotics: The new biological synthesis*. Springer Science & Business Media, 2007.

- [BBW15] S. Bosco, L. Braucher, and M. Wiechec. *Encyclopedia Britannica, Ultimate Reference Suite*. Merriam-Webster, 2015.
- [Bie08] A. Bienemann. *A generative approach to functionality of interactive information systems*. PhD thesis, CAU Kiel, Dept. of Computer Science, 2008.
- [Bör03] E. Börger. The ASM refinement method. *Formal Aspects of Computing*, 15:237–257, 2003.
- [CH04] S. Chadarevian and N. Hopwood, editors. *Models - The third dimension of science*. Stanford University Press, Stanford, California, 2004.
- [DPT21] A. Dahanayake, O. Pastor, and B. Thalheim. *Modelling to Program: Second International Workshop, M2P 2020, Lappeenranta, Finland, March 10–12, 2020, Revised Selected Papers*, volume 1401 of *CCIS*. Springer Nature, 2021.
- [DSS03] A. N. W. Dahanayake, H. G. Sol, and Z. Stojanovic. Methodology evaluation framework for component-based system development. In *Advanced Topics in Database Research, Vol. 2*, pages 213–246. Idea Group, 2003.
- [Fle11] L. Fleck. *Denkstile und Tatsachen*, edited by S. Werner and C. Zittel. Surkamp, 2011.
- [Fra22] U. Frank. Multi-level modeling: cornerstones of a rationale. *Softw. Syst. Model.*, 21(2):451–480, 2022.
- [Gre06] S. Gregor. The nature of theory in information systems. *MIS quarterly*, pages 611–642, 2006.
- [Gri09] J. J. Van Griethuysen. The Orange report ISO TR9007 (1982 - 1987) Grandparent of the business rules approach and sbvr part 2 - The seven very fundamental principles. *Business Rules Journal*, 10(8), August 2009. <http://www.brcommunity.com/a2009/b495.html>.
- [Hes06] W. Hesse. Modelle - Janusköpfe der Software-Entwicklung - oder: Mit Janus von der A zur S-Klasse. In *Modellierung 2006*, volume 82 of *LNI*, pages 99–113. GI, 2006.
- [HHM10] G. Hofstede, G.J. Hofstede, and M. Minkow. *Cultures and Organizations: Software of the Mind: Intercultural Cooperation and Its Importance for Survival*. McGraw-Hill, New York, 2010.
- [HM08] W. Hesse and H. C. Mayr. Modellierung in der Softwaretechnik: eine Bestandsaufnahme. *Informatik Spektrum*, 31(5):377–393, 2008.
- [Kas03] R. Kaschek. *Konzeptionelle Modellierung*. PhD thesis, University Klagenfurt, 2003. Habilitationsschrift.
- [Kuh70] T. Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 2nd, enlarged, with postscript edition, 1970.
- [Leh99] N.J. Lehmann. Leibniz als Erfinder und Konstrukteur von Rechenmaschinen. *Wissenschaft und Weltgestaltung*, pages 255–267, 1999.
- [LM78] P.C. Lockemann and H.C. Mayr. *Rechnergestützte Informationssysteme*. Springer, 1978.
- [Mah05] B. Mahr. Was ist ein Modell. Der Modellbegriff in Natur- und Ingenieurwissenschaften. TU Berlin Summer term 2005, 2005. Accessed on August 3rd, 2020.

- [Mah15a] B. Mahr. Modelle und ihre Befragbarkeit – Grundlagen einer allgemeinen Modelltheorie. *Erwägen-Wissen-Ethik (EWE)*, Vol. 26, Issue 3:329–342, 2015.
- [Mah15b] B. Mahr. Replik. *Erwägen-Wissen-Ethik (EWE)*, Vol. 26, Issue 3:425–433, 2015.
- [Mah21] B. Mahr. *Schriften zur Modellforschung*. Herausgegeben von K. Robering. Brill Mentis, Michaelisbund, 2021.
- [MMR<sup>+</sup>17] H. C. Mayr, J. Michael, S. Ranasinghe, V. A. Shekhovtsov, and C. Steinberger. Model centered architecture. In *Conceptual Modeling Perspectives.*, pages 85–104. Springer, 2017.
- [Mor20] T. Moritz. *Szenografie digital – Die integrative Inszenierung raumbildender Prozesse*. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2020.
- [MT21] H.C. Mayr and B. Thalheim. The triptych of conceptual modeling – a framework for a better understanding of conceptual modeling. *Softw. Syst. Model.*, 20(1):7–24, 2021.
- [Mül16] R. Müller. Geschichte des Systemdenkens und des Systembegriffs. <http://www.muellerscience.com/SPEZIALITAETEN/System/systemgesch.htm>, 2016. Assessed Oct. 29,2017.
- [Pag18] S. E. Page. *The model thinker: What you need to know to make data work for you*. Basic Books, 2018.
- [Pfäh21] A. Pfänder. *Logik*. Verlag von Max Niemeyer, Halle a. d. Saale, 1921.
- [Pro72] V.J. Propp. *Morphologie des Märchens*. Carl Hanser Verlag, München, 1972.
- [Rhe21] H.-J. Rheinberger. *Spalt und Fuge: eine Phänomenologie des Experiments*. Suhrkamp, 2021.
- [ST19] K.-D. Schewe and B. Thalheim. *Design and development of web information systems*. Springer, Chur, 2019.
- [Sta73] H. Stachowiak. *Allgemeine Modelltheorie*. Springer, 1973.
- [Sta92] H. Stachowiak. Modell. In H. Seiffert and G. Radnitzky, editors, *Handlexikon zur Wissenschaftstheorie*, pages 219–222. Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München, 1992.
- [Ste93] W. Steinmüller. *Informationstechnologie und Gesellschaft: Einführung in die Angewandte Informatik*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1993.
- [TF16] M. Tropmann-Frick. *Genericity in Process-Aware Information Systems*. PhD thesis, Christian-Albrechts University of Kiel, Technical Faculty, Kiel, 2016.
- [Tha10] B. Thalheim. *The Conceptual Framework to Multi-Layered Database Modelling based on Model Suites*, volume 206 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, pages 116–134. IOS Press, 2010.
- [Tha13] B. Thalheim. The conception of the model. In *BIS*, volume 157 of *Lecture Notes in Business Information Processing*, pages 113–124. Springer, 2013.

- [Tha18] B. Thalheim. Conceptual model notions - a matter of controversy; conceptual modelling and its lacunas. *EMISA International Journal on Conceptual Modeling*, pages 9–27, February 2018.
- [Tha21] B. Thalheim. Models, to model, and modelling. *collections of papers*. <https://www.researchgate.net> (search keyphrase “Towards a theory of models, especially conceptual models and modelling”), 2009-2021.
- [Tha22] B. Thalheim. Models: The fourth dimension of computer science – towards studies of models and modelling. *Software & Systems Modeling*, 21:9–18, 2022.
- [Tho05] O. Thomas. Das Modellverständnis in der Wirtschaftsinformatik: Historie, Literaturanalyse und Begriffsexplikation. Technical Report 184, Institut für Wirtschaftsinformatik, DFKI, Saarbrücken, Mai 2005.
- [TN15a] B. Thalheim and I. Nissen, editors. *Wissenschaft und Kunst der Modellierung: Modelle, Modellieren, Modellierung*. De Gruyter, Boston, 2015.
- [TN15b] B. Thalheim and I. Nissen. *Wissenschaft und Kunst der Modellierung: Modelle, Modellieren, Modellierung*, chapter Ein neuer Modellbegriff, pages 491–548. De Gruyter, Boston, 2015.
- [Ump01] S. A. Umpleby. What comes after second order cybernetics? *Cybern. Hum. Knowing*, 8(3):87–89, 2001.
- [War79] M. W. Wartofsky. The model muddle: Proposals for an immodest realism. In *Models: Representation and the Scientific Understanding*, pages 1–11. Springer, 1979.