Einleitung

Das Modell eines physikalischen Prozesses enthält

Variable (unabhängige, abhängige) und
Parameter (relevante, irrelevante).
Was ist ein irrelevanter Parameter? Ein Parameter ist irrelevant, wenn er den Prozess nur in höchstens 5 % der Fälle merklich beeinflusst.

Frage: Wie viele irrelevante Parameter muss ein Modell enthalten, damit ein oder mehrere dieser irrelevanten Parameter im Modell eine scheinbar sinnvolle Erklärung des Prozesses ergeben?

Die Frage klingt jetzt etwas abstrakt. Wenn ich meine Geschichte vom Genuesischen Zepter erzählt habe, wird der Sinn dieser Frage hoffentlich deutlich geworden sein.

Sie kennen all die **Himmelsscheibe von Nebra**: Sie wurde **vor etwa 3600 Jahren** hergestellt, wie man aus **C14-Datierung** von Holzstücken geschlossen hat, die in unmittelbarer Nähe der Scheibe im Erdboden gefunden wurden. Dieses Alter hat großes Aufsehen hervorgerufen, denn die Scheibe datiert damit in die **frühe Bronzezeit**, nach dem Bau von Stonehenge und vor der Entstehungszeit der ersten bronzezeitlichen Kunstwerke, dem **Sonnenwagen von Trundholm** in Dänemark und dem **Goldhut von Schifferstadt.**

Dieses wunderbare, astronomisch deutbare Kunstwerk hat ganz die Erinnerung an einen anderen **prähistorischen Fund** überdeckt, der 1939 in Italien in der **Toskana** gemacht wurde und dessen **Alter auf 5000 bis 8000 Jahre** geschätzt wurde. Dieser Fund ist deutlich älter als die ägyptischen Pyramiden. Er fällt in die beginnende Warmzeit, in der wir uns immer noch befinden.

Hier ist die Geschichte im Einzelnen, erzählt nach der Vorlage von **Hans-Hermann Dubben** und **Hans-Peter Beck**, **Der Hund, der Eier legt**, pp. 202-210, rororo science, 2. Auflage Mai 2007:

Dies ist die faszinierende Geschichte eines ebenso faszinierenden prähistorischen Gegenstandes. Beispielhaft zeigt sie das manchmal dramatische Auf und Ab im Leben enthusiastischer Forscher parallel zum auf und Ab der Bedeutung, die einem sensationellen Fund im Laufe der Zeit beigemessen wird.

Im Jahre 1939 wird in der Nähe von **Murci/Grosseto** in einer prähistorischen Grabstätte ein **keulenartiger metallischer Gegenstand** entdeckt, dessen Alter Experten auf fünf- bis achttausend Jahre schätzten. Da die Archäologen vermuteten, dass das Fundstück ursprünglich **religiösen Zwecken** diente, brachten sie es zur Verwahrung ins **Pfarramt** von **Scansano**. **Zehn Jahre später** geht es, im Zuge der der Haushaltsauflösung nach dem Tod des Pfarrers von Scansano, in den Besitz des **Prähistorischen Museums zu Genua** über. Dort landet es, sauber beschriftet, in einem Regal und bleibt zunächst **unbeachtet**.

Der **Physiker und Hobbyarchäologe Goffredo Winkelmann,** der seine Zeit nach seiner Pensionierung damit verbringt, die Archive und Abstellräume von Museen in Norditalien zu durchkämmen, erhält im **Jahr 1953** die Genehmigung, die Magazine des Museums in Genua zu erkunden. So wird der Gegenstand an einem **Sonntagnachmittag im April** zum zweiten

Mal entdeckt. Als Physiker fällt Winkelmann sofort auf, dass **Material und Bearbeitung sehr untypisch** für ein Objekt der vermuteten Herkunft ist. Nach einer Unterbrechung seiner Nachforschungen kehrt er im folgenden Jahr gut vorbereitet nach Genua zurück und führt zahlreiche Untersuchungen durch, deren Ergebnisse er 1957 in einer leider unbedeutenden archäologischen Fachzeitschrift veröffentlicht. In diesem Artikel gibt er dem Fundstück den Namen „**Genuesisches Zepter**", der bis heute verwendet wird. Ferner berichtet er dort von **fünf auf dem Zepter kodierten Zahlen: 294, 11, 3, 70 und 20**.

Fortan ist das „Genuesische Zepter" fester Bestandteil der **Dauerausstellung im Museum.** Sechs Jahre später sehen sich **zwei amerikanische Wissenschaftler**, ein **Chemiker** und ein **Astronom**, das Exponat an. Sie erhalten die Genehmigung, eine **kleine Materialprobe** mitzunehmen. Zwei Wochen nach ihrer Abreise trifft ein Angebot der **NASA** ein, die das Zepter kaufen will. Da das Museum dringend ein neues Dach benötigt und das öffentliche Interesse am Zepter in letzter Zeit deutlich nachgelassen hat, wechselt das prähistorische Stück **1963** für **18 350 Dollar** den Besitzer. Seitdem ist es **der Öffentlichkeit nicht mehr zugänglich**.

Im selben Jahr stößt der französische **Dechiffrierungsexperte Jean-Jacques Dupont** durch Zufall auf den Artikel von Goffredo Winkelmann. Von den fünf auf dem Zepter kodierten Zahlen fasziniert, macht er sich an die Arbeit, und ein Jahr später publiziert er im **Bulletin Prehistorique Bernaise** eine **Liste von Naturkonstanten**, die mit hoher Präzision auf dem Zepter **verschlüsselt wiedergegeben** sind (Tab. 1, Verschlüsselung $Y = A^a \cdot B^b \cdot C^c \cdot D^d \cdot E^e$).

A = 294 **B = 11** **C = 3** **D = 70** **E = 20**

Zu ihnen gehört beispielsweise die mit **beeindruckender Genauigkeit kodierte Zahl π**. Das Produkt der zweiten und der fünften Zahl, dividiert durch die vierte ($B \cdot E/D = 11 \cdot 20/70$), stimmt mit einer **relativen Abweichung** von **0,04 %** mit π überein. Dupont wird jedoch vorgeworfen, **nur Fotos und Zeichnungen** des Zepters untersucht zu haben und mit seiner Interpretation zu übertreiben. Der geniale Dechiffrierungsexperte gerät in den Verdacht, ein **Scharlatan** zu sein.

Als Dupont die NASA bittet, das Zepter anschauen und untersuchen zu dürfen, damit die Sachlage geklärt werden könne, bestätigt die NASA zwar den Kauf eines „prähistorischen Gegenstandes" vom Museum in Genua, behauptet jedoch, diesen Gegenstand niemals vom Museum erhalten zu haben. Das Fundstück bleibt lange Zeit **verschollen**.

Dreißig Jahre später wird das Zepter, wiederum an einem Sonntagnachmittag, auf einem **Flohmarkt in Hamburg** wiederentdeckt. Zahlreiche Forschergruppen stürzen sich auf diesen unerwarteten Fund. Eine Arbeitsgruppe um den **Modellexperten Karl Nagerfeld** überprüft das Dupont-Modell, also die Gültigkeit der Formel

$$Y = A^a \cdot B^b \cdot C^c \cdot D^d \cdot E^e.$$

Unter Beschränkung der Exponenten auf die ganzzahligen Werte zwischen -5 und +5 führt sie dazu eine **Computersimulation** durch. Nach Einsetzen der Winkelmannschen Zahlen konnten die Werte in **Duponts Tabelle aus dem Jahr 1964 vollkommen bestätigt** werden.

Konstante	**Wert**	**Formel**	**Rel. Abweichung [%]**
π	3,141593	BE/D	0,04
e	2,718282	$(BC/E)^2$	0,2
c	$2{,}997925\ 10^8$ m s^{-1}	ACD^3	0,92
Molvolumen	0,0224136 m^3 Mol^{-1}	$(C/E)^2$	0,4
Atomare Masseneinheit	931,5 MeV	ABE/D	0,8
Ruheenergie des Elektrons	0,511 MeV	$(CD/A)^2$	0,16
Compton-Wellenlänge von e	$2{,}4263\ 10^{-12}$ m	$(CD)^{-5}$	0,92
Protonenmasse	$1{,}67261\ 10^{-27}$ kg	$(ABD)^{-5}$	0,6
Bohrscher Radius	$5{,}29166\ 10^{-11}$ m	$C^2(ADE)^{-2}$	0,4
Massenverhältnis Proton/Elektron	1836,1	$(C/E)^5D^4$	0,7
Gravitationskonstante	$6{,}673\ 10^{-11}$ $kg^{-1}s^{-2}m^3$	$C^{-2}D^{-5}$	0,93
Harvey-Zahl	$6{,}02217\ 10^{-23}$ Mol^{-1}	$A^{-4}B^{-3}D^{-5}$	0,7
Elementarladung	$1{,}602192\ 10^{-19}$ As	$(ABCD)^{-3}E^{-1}$	0,4
Boltzmann-Konstante	$1{,}38062\ 10^{-23}$ JK^{-1}	$BC(AE)^{-5}D^{-3}$	0,9

Tab. 1 Auf dem Genuesischen Zepter kodierte Werte universeller physikalischer Konstanten: A = 294, B=11, C = 3, D=70, E=20 (nach Dupont 1964). Dabei bedeuten A die Länge in mm, B Anzahl der Zinken, C Anzahl der Löcher, D größte Breite in mm, E geringste Breite in mm.

Und es gibt noch eine weitere **wissenschaftliche Sensation.** Mit extrem genauen, hochmodernen **laseroptischen Methoden** vermisst der **Italiener Nero Maghi** das Zepter erneut und kommt zu dem Ergebnis, dass wegen der erhöhten Messgenauigkeit **drei der Winkelmannschen Zahlen** eine geringe, aber offenbar **wichtige Korrektur** erfahren. Nach diesen neuesten Erkenntnissen sind folgende fünf Zahlen auf dem Zepter kodiert: die Länge **(A = 294,7741 mm), die Anzahl der Zinken (B = 11), die Anzahl der Löcher im Zepter (C = 3), die größte Breite (D = 70,0826 mm) und die geringste Breite (E = 20,0156 mm).**

Drei der maghischen Zahlen haben jetzt sehr **krumme Werte**. Das mag daran liegen, dass die Schöpfer dieses rätselhaften Gegenstandes **ein anderes Maßsystem** benutzt haben als wir heute (man bedenke z. B., dass **ein Yard 0,91440 Metern** entspricht). Auf jeden Fall waren sie aber in der Mathematik sehr bewandert, und damit kommen wir zur **zweiten Sensation**. Die neuen laseroptisch gemessenen Werte und die bewährte Dupontsche Formel geben die vom jeweiligen **Maßsystem unabhängigen Naturkonstanten π und e** mit einer **relativen Abweichung von 0,00027 % für π und 0,00088 % für e** wieder.

Wie kann ein derartig präzise gefertigter Gegenstand Jahrtausende überdauern, ohne diese Genauigkeit einzubüßen? Welches Material ist in der Lage, den Umwelteinflüssen dermaßen zu trotzen?

Ereignis/ Sachverhalt	**Zahl**	**Formel**	**Rel. Abweichung [%]**
Keilerei bei Issos	333	$A^4B^{-3}C^{-5}D^{-1}E^0$	0,028
E.T.H. Hoffmann Geburtsjahr	1776	$A^{-3}B^{-5}C^3D^5E^4$	0,004
Johannes Paul II Geburtsjahr	1920	$A^2B^3C^0D^{-4}E^2$	0,009
Beginn des zweiten Weltkrieges	1939	$A^2B^3C^{-5}D^{-2}E^1$	0,002
Ende des zweiten Weltkrieges	1945	$A^2B^{-5}C^2D^0E^2$	0,0084
Steffi Graf Geburtsjahr	1969	$A^{-4}B^2C^{-2}D^3E^5$	0,0032
DeutscheWiedervereinigung	1989	$A^3B^{-1}C^2D^{-5}E^4$	0,0007
Entdeckung von Leben auf dem Mars	1996	$A^3B^3C^{-4}D^{-5}E^3$	0,012
Länge des Suez-Kanals [km]	162,5	$A^5B^{-5}C^4D^{-3}E^{-1}$	0,02
Länge des gr. St. Bernhard Tunnels [km]	5,83	$A^0B^1C^{-4}D^3E^{-3}$	0,0083
Länge des Euro-Tunnels [km]	50	$A^{-1}B^0C^1D^2E^0$	0,027
Fläche Venezuelas [km^2]	916050	$A^2B^5C^1D^1E^{-5}$	0,02
Länge der Chinesischen Mauer [km]	2450	$A^2B^1C^3D^{-5}E^4$	0,002
Roheisenerzerzeugung in China 1990 [M to]	62,4	$A^1B^0C^{-3}D^{-1}E^2$	0,016
Einwohnerzahl Berlins am 3. Oktober 1990	3.314.004	A2B0C-1D-1E3	0,000001
Einwohnerzahl in Timmendorfer Strand 1990	11.500	$A^5B^{-4}C^5D^0E^{-5}$	0,014
Rufnummer des Rettungsdienstes BW	19222	$A^1B^2C^4D^{-4}E^4$	0,0012

Tab. 2: Mit Hilfe des Genuesischen Zepters vorhergesagte Ereignisse und Maßzahlen. Die Berechnungen wurden mit dem Dupont-Modell und den fünf maghischen Zahlen durchgeführt (nach Orst Jeune 1996, A = 294,7741 mm, B = 11, C = 3, D = 70,0826 mm, E = 20,0156 mm).

Um diesen Fragen nachzugehen, werden chemische und massenspektroskopische Analysen durchgeführt. Die **High-Tech-Untersuchungen** offenbaren, das das Material des Gegenstandes aus einer **statistisch signifikant seltenen Legierung** besteht (**p<0,05**, d. h. eins von mehr als zwanzig metallischen Objekten aus dieser Zeit besteht aus dieser Legierung). Diese Messergebnisse führen schließlich **1996, im Jahr der Entdeckung von Leben auf dem Mars** (Grady et al. 1996; McKay et al. 1996) zu dem Schluss, dass das **Fundstück extraterrestrischen Ursprungs** sein muss.

Alle bislang vorliegenden Erkenntnisse über das Objekt sind mit dieser sensationellen These vereinbar! Nachträglich wird dadurch auch verständlich, weshalb sich die **NASA** für diesen Gegenstand interessierte.

Wiederum ist es einem **Nichtarchäologen**, nämlich dem **Biophysiker Orst Jeune**, vorbehalten, weitere Geheimnisse aufzudecken. Jeune gelingt es, mit einer **explorativen Computersimulation** (induktive Monte-Carlo-Methode) der Nachweis, dass das Zepter **Informationen über die Zukunft** enthält (Tab. 2). Die vor Jahrtausenden festgelegten Zahlen sagen seiner Ansicht nach einige **hochaktuelle Ereignisse** wie die Entdeckung von Leben auf dem Mars mit erstaunlicher Genauigkeit vorher. Hinzu kommen die Maße von **epochalen Bauwerken**, von **Einwohnerzahlen bestimmter Regionen** zu bestimmten Zeiten in zukünftigen Jahren und sogar **Telefonnummern**, aufgezeichnet lange vor der Erfindung des Telefons.

Nun ist nicht mehr daran zu zweifeln, dass **Dupont** bereits Jahrzehnte früher eine **unfassbare Weitsicht** bewiesen hat. Heute erkennen wir, dass er vielleicht gerade deswegen der Scharlatanerie bezichtigt wurde. Unterstützt von moderner Computertechnologie, zeigen Wissenschaftler mit demselben bewährten Dupontschen Modell, dass die **Naturkonstanten auch in den Pyramiden von Gizeh, den Kanälen auf dem Mars, in den immer wieder auftretenden geheimnisvollen Kornkreisen und in der Lochgröße von Schweizer Käse universell kodiert sind.** Die Schöpfer des Zepters scheinen allgegenwärtig zu sein!

Obwohl nun alle Beweise erbracht und die Herkunft und Bedeutung des Zepters geklärt sind, muss noch eine **Anekdote** hinzugefügt werden, ohne die diese Geschichte unvollständig wäre. Im Jahr 1999 weisen die beiden Wissenschafter und unbelehrbaren Dissidenten **Beque-Bolt** und **Du Pain** darauf hin, dass sich mit **fünf Zahlen und elf Exponenten 11^5 = 161 051 Zahlen** berechnen lassen und dass im Fall der Winkelmannschen Zahlen **14 davon den kodierten Konstanten rein zufällig** sehr nahe kommen. Man müsse also lediglich sämtliche Kombinationen von einem Computer durchspielen lassen, mit möglichst vielen bekannten Konstanten vergleichen und **nachträglich diejenigen Zahlen und Konstanten publizieren**, die man mit ausreichend beeindruckender Genauigkeit mit der Dupont-Formel habe berechnen können. Dieser destruktive Einwand wird natürlich international totgeschwiegen.

Doch damit nicht genug – **Beque-Bolt und Du Pain** melden sich nochmals mit einer schier unglaublichen Unterstellung zu Wort: Man berechne mit den alten Winkelmannschen Zahlen für π und e die zugehörigen relativen Abweichungen und **passe die nicht abgezählten, also gemessenen Zahlen A, D und E so an**, dass die Genauigkeit der Zahlenwerte von π und e optimiert wird. **Dann ergeben sich gerade die maghischen Zahlen**. Dieser Einwand kommt dem Vorwurf des Betruges gleich und wird von der Gemeinde der Zepterforscher entschieden abgelehnt und natürlich nicht ernst genommen.

Zu einem **letzten Aufbäumen** gegen die bahnbrechenden Erkenntnisse der nunmehr **molekularen Zepterforschung** zur Bestimmung der Isotopenverhältnisse kommt es im Jahr 2001. Die **Veranstalter der Vorlesung „Vom Irrtum zum Lehrsatz“** an der Universität Hamburg behaupten vergeblich, das Zepter sei ein **einfacher Nudellöffel**, und sie hätten diese echte, aber unwahre Geschichte erfunden, um zu zeigen, dass man **mit sinnlosen Modellen vieles erklären** kann. Aber auch diese letzten Zweifler werden mit dem einleuchtenden Argument niedergemacht, dass das **Zepter kein Nudellöffel** sein kann, da es **vor 5000 Jahren noch gar keine Nudeln gegeben hat.**

Diese Geschichte ist also frei erfunden. Sie soll zeigen, dass man mit sinnlosen Modellen vieles erklären kann. Um diese Aussage zu quantifizieren, z. B. im Hinblick auf die eingangs erwähnte **Frage, wie viele irrelevante Parameter ein Modell enthalten muss, damit eine beträchtliche Wahrscheinlichkeit besteht, dass eine gewisse Anzahl dieser Parameter als relevante Parameter in Erscheinung treten und ein scheinbar sinnvolles Modell ergeben,** nehmen wir einmal an, dass ein Parameter irrelevant ist, wenn er mit einer Wahrscheinlichkeit p = 5% für den betrachteten Prozess wirksam ist. Für diese Betrachtung eignet sich die **Binomialverteilung:**

Erfolg tritt in diesem Fall mit 5% Wahrscheinlichkeit auf, Misserfolg mit 95% Wahrscheinlichkeit. Die Wahrscheinlichkeit P, bei n Versuchen k Erfolge zu erzielen, berechnet sich nach

$$P(n,k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Bei einem „irrelevanten“ Parameter mit einer „Erfolgswahrscheinlichkeit“ p = 5% ist ein erfolgreiches Ergebnis bei 10 Versuchen mit 40% Wahrscheinlichkeit und bei 20 Versuchen mit 60% Wahrscheinlichkeit zu rechnen. Bei mehreren derartigen Parametern mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten p_1, p_2, …und den Versuchszahlen N_1, N_2, … kann man die Multinomialverteilung zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines scheinbar erfolgreichen Modells benutzen.

Abschließend möchte ich noch zwei Beispiele betrachten, bei denen irrelevante Parameter zu einem scheinbar erfolgreichen Modell geführt haben, und ein Beispiel, das zeigt, wie man richtig mit irrelevanten Parametern umgeht, indem man die geschätzten Unsicherheiten der für das „erfolgreiche Modell“ bestimmten Werte der Parameter, - z. B durch Monte-Carlo-Simulation -, in die Betrachtung mit einbezieht:

Beispiel 1: Tonleitern

Eine beliebte Methode, unsinnige Modelle zu produzieren, ist die **Einführung von Tonleitern**. Bei der **chromatischen Tonleiter** lautet das Bildungsgesetz

$$\mathbf{f_p = f_0\, 2^{p/12} = 440\, 2^{p/12}\ Hz.}$$

Eine Oktave umfasst 12 Halbtöne, wobei benachbarte Töne im Verhältnis $2^{1/12}$ zueinander stehen.

Hier habe ich ein Beispiel von jemandem, der eine **Tonleiter mit 16 Tönen pro Oktave** konstruiert, um die Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne und die Umlaufzeiten von 10 Jupitermonden um den Jupiter im Rahmen eines solchen Modells zu erklären:

$$\mathbf{T_k = T_0\, 2^{k/16},\ \ T_0 = 27{,}32\ d = 0{,}075\ a.}$$

T_0 ist hier der sog. **siderische**, aber auch der **tropische Monat**, d. i. die Umlaufzeit des Mondes um die Erde relativ zum Sternenhimmel bzw. relativ zum Frühlingspunkt.

Die Umlaufperioden sämtlicher Planeten werden auf die Umlaufzeit des Mondes um die Erde bezogen, und ebenso die Umlaufzeiten von 10 Jupitermonden um den Jupiter. Der Autor geht noch viel weiter und leitet **Zeiträume geologischer Zyklen** in entsprechender Weise her. Dabei überstreicht er **17 Oktaven**!

Eine physikalische Begründung für die Existenz dieser Sphärenstimmung wird natürlich nicht gegeben. Aber in der gesamten **Esoterik** spielt der **Mond** eine eminent wichtige Rolle, und derartige Veröffentlichungen würden natürlich gierig aufgegriffen werden, wenn man nicht ihr Erscheinen verhindert.

2. Beispiel: Gezeiten

Die Amplitude einer Gezeitentide enthält 7 Parameter: $\mathbf{V_n^{mABCDE}}$

n = 2, 3, …..
m = -n ……..+n, m = 0 langperiodisch, m = 1 ganztägig, m = 2 halbtägig……
M_2, S_2 , M_3, M_4 …….

A,B,C,D,E = {-5……+5}

Um festzustellen, ob bei bestimmten Frequenzen Energie in einem Signal vorhanden ist, berechnet man üblicherweise über eine **Fouriertransformation der Datenzeitreihe** ein **Leistungsspektrum**. Die **Stützstellen auf der Frequenzachse** stimmen aber oft nicht mit den interessierenden Frequenzen überein (es sind keine harmonischen Frequenzen). Man versucht dann, mit anderen Verfahren, bei denen das **Auflösungsvermögen z. B. in einem Frequenzband** besonders verstärkt wird, ein genaueres Ergebnis zu erreichen. Ein solches Verfahren ist u. a. die **nichtlineare Zeitreihenanalyse**.

Als Beispiel betrachte ich hier eine nichtlineare Analyse von **hochauflösenden Bohrloch-temperaturdaten**. Man definiert dazu einen **mehrdimensionalen Phasenraum**, im **einfachsten Fall einen 2D-Raum**, in dem jeweils zwei um die Zeit τ verschobene, aufeinanderfolgende Werte **T_i und $T_{i+\tau}$ einen Punkt (x_i, y_i)** im in der Ebene bestimmen. Die Zeitverschiebung τ kann frei gewählt werden. In einem **mD- Phasenraum** würde man das **Tupel (T_i, $T_{i+\tau}$,…….$T_{i+(m-1)\tau}$)** als Punkt eintragen. Jeder Punkt charakterisiert einen **zeitlichen Zustand des Systems im Phasenraum**. Indem man die aufeinanderfolgenden Punkte $\mathbf{r_i}$ miteinander verbindet, erhält man ein **Phasenraumportrait dieser Zeitreihe**. In **deterministisch chaotischen Systemen** ergeben sich dabei **charakteristische Kurven-strukturen**. Die Zeitverschiebung τ kann man aus dem Verlauf der **Autokorrelations-funktion** bestimmen.

Um funktionale Zusammenhänge in der Zeitreihe zu bestimmen, berechnet man nun den Abstand zwischen jeweils 2 Punkten $\mathbf{r_i}$ und $\mathbf{r_j}$ im Phasenraum nach Vorgabe eines ε als Einheit eine **Binärvariable R_{ij}**. Von jedem Punkt $\mathbf{r_i}$ des Phasenraums wird also die Entfernung R_{ij} zu jedem anderen Punkt $\mathbf{r_j}$ des Phasenraums in ε-Einheiten gemessen. Der ε-Wert ist dabei passend zu wählen.

Die R_{ij} definieren eine symmetrische ***Wiederholungsmatrix*** *R*, die bei N Zuständen N^2 Elementen besteht, und deren Werte man in Form einer 2D-Matrix für ν = 1….N aufträgt. **Zeitweilig vorhandene periodische Vorgänge** spiegeln sich in dieser Matrix in **sich wiederholenden Strukturen**. Die entsprechenden Perioden ergeben sich aus der Differenz der entsprechenden ν-Werte. Die **Häufigkeit des Auftretens** eines quasiperiodischen Vorgangs wird dann in einem entsprechenden **Histogramm** dargestellt.

Numerische Tests ergeben, dass die **Frequenz einer harmonischen Schwingung** richtig wiedergegeben wird. Fügt man jedoch **Noise** hinzu, ergibt sich im Histogramm eine **bandartige Struktur**, die auf den ersten Blick sofort an ein **Gezeitenspektrum** erinnert. Dabei werden sowohl größere, als auch kleinere Frequenzen erzeugt. **Das Verfahren ist also sehr noiseanfällig**.

Im betrachteten Fall treten neben M_2 und S_2 auch M_4, M_6, M_8 und M_{10} auf. Dafür gibt es aber keine physikalische Begründung, insbesondere, wenn im Leistungsspektrum bei den entsprechenden Frequenzen keine Energie zu finden ist. Trotzdem wird versucht, das **Phänomen als Entdeckung** zu veröffentlichen. Und **dieser Versuch gelingt**!

3. Beispiel: Numerische Simulationen großer Systeme

Große physikalische Systeme enthalten sehr viele Parameter. Wenn man nur **eine Simulation** durchführen würde, wäre die Gefahr sehr groß, einem sinnlosen Modell zum Opfer zu fallen. Deshalb werden z. B. in der Wettervorhersage sehr viele Modellsimulationen unter variierenden Rand- und Anfangsbedingungen durchgeführt. Dann werden **Wahrscheinlich-keiten für die Ergebnisvariablen und für ein entsprechendes Abweichungsmaß** bestimmt. Das ist ein **korrekter Umgang** mit dem möglichen Vorhandensein von **irrelevanten Parametern**.