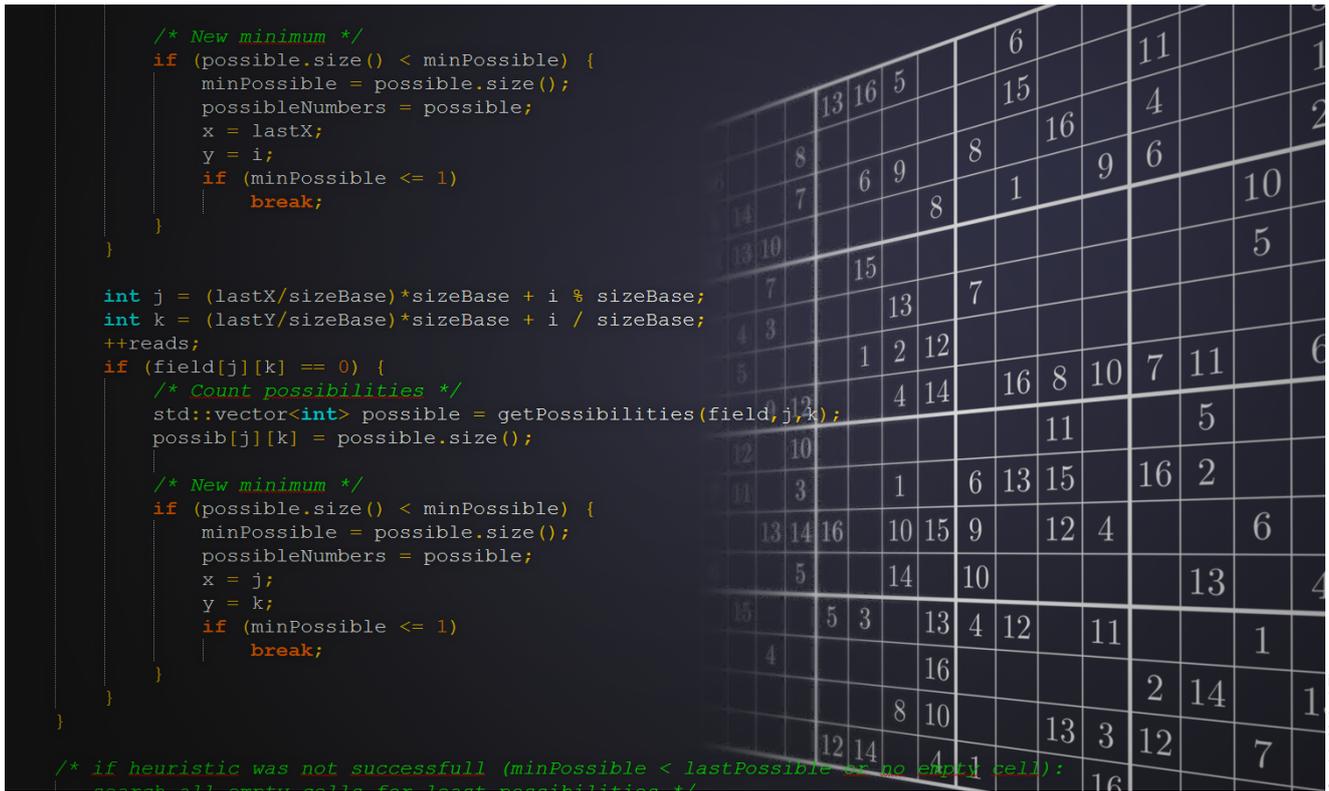


NEOLOGISMUS

AUSGABE 05/2015



Graphik: Michael Thies

Von Zellen, Ziffern und Programmen – S. 5



Foto: Jannik Buhr

Der Gnom im Kühlschrank – S. 19



Foto: William Murphy – flickr.com (CC BY-SA 2.0)

„Homo-Ehe“ und Wording – S. 3

Inhaltsverzeichnis

1	POLITIK UND GESELLSCHAFT	
	„Homo-Ehe“ und Wording	3
2	WISSENSCHAFT UND TECHNIK	
	Von Zellen, Ziffern und Programmen	5
	Quantenmechanik (nicht nur) für Mathematiker, Teil 2: Erste Anwendungen und Präparierunschärfe	8
3	FEUILLETON	
	Blind Guardian: Beyond The Red Mirror, Teil 2	13
4	LEBEN	
	Der Gnom im Kühlschrank	19
5	KREATIV	
	„... schlug den Boten um des Brotes Willen tot.“	21
	Rätselcke, Teil 3	22

Chefredakteur:
Florian Kranhold

Layout:
Tobias Gerber, Florian Kranhold,
Michael Thies
Erstellt mit L^AT_EX

Autoren:
Lukas Heimann, Michael Thies, Marc
Zerwas, Florian Kranhold, Jannik
Buhr

Gastautoren:
Philip Schwartz

Redaktionsanschrift:
Florian Kranhold
Rottenburger Straße 8
72070 Tübingen

Kontakt:
neologismus-magazin.de
facebook.com/neologismus.magazin
info@neologismus-magazin.de

Die gedruckten Artikel geben nicht immer die Meinung der Redaktion wieder. Änderungen der eingereichten Artikel behalten wir uns vor. Trotz sorgfältiger Prüfung übernehmen wir keine

Haftung für die Richtigkeit der abgedruckten Veröffentlichungen.

Der NEOLOGISMUS steht unter einer *Creative Commons*-Lizenz: CC BY-NC-SA 3.0 (Namensnennung, Nichtkommerziell, Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland Lizenz, creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/). Zur Verwendung enthaltener Inhalte, die nicht durch diese Lizenz abgedeckt wird, nehmen Sie bitte Kontakt zu uns auf.

Veröffentlicht am 5. Juni 2015.

POLITIK UND GESELLSCHAFT

„Homo-Ehe“ und Wording Über Wortfindungsprobleme der Berichterstattung

VON LUKAS HEIMANN



Foto: William Murphy – flickr.com (CC BY-SA 2.0)

In Irland wird jetzt nach einem Referendum die Ehe unabhängig von Geschlecht eingeführt.

Über die moralischen und ethischen Aspekte der „Ehe für Alle“ lässt sich problemlos stundenlang diskutieren. Heute jedoch möchte ich mich auf die Frage beschränken, wie man den Vorgang korrekterweise nennt. In Vorbereitung für ein Interview, das hoffentlich in einer der nächsten Ausgaben erscheint, habe ich nämlich überlegt, was genau da in Irland eigentlich am 22. Mai passiert ist – wie der technische bzw. politische Sachverhalt aussieht. Und mir ist klar geworden, dass das nicht nur von Bedeutung für das Thema

ist, sondern auch absolut unter den Tisch fällt.

Schwammige Formulierung

Der Spiegel, der mich auf meinem Handy mit Eilmeldungen versorgt, drückt sich um eine exakte Formulierung: „Volksentscheid: Mehrheit der Iren stimmt für die Homo-Ehe“^[1] und „Referendum: Mehr als 60 Prozent der Iren stimmen für Homo-Ehe“^[2] sind die Überschriften. Auch der Teaser wird nicht viel klarer, was da genau passiert ist:

„In Irland hat das Ja-Lager den

Volksentscheid über die Homo-Ehe mit deutlicher Mehrheit gewonnen. Rund 62 Prozent der Wahlberechtigten haben sich dafür ausgesprochen.“^[2]

Auch die Website der Tageschau wird auf den ersten Blick nicht genauer: „62,1 Prozent für die Homo-Ehe“, „[D]ie Iren [haben] Ja zur gleichgeschlechtlichen Ehe gesagt“^[3].

Legalisiert? Gleichgestellt?

Wenn man dann aber weiterschaut findet man auch neutral formulierte Aussagen wie:

„Die Iren haben in einem Referendum mit großer Mehrheit für die Zulassung gleichgeschlechtlicher Ehen gestimmt.“^[2]

Oder auch: „Ganz klar hat sich die Bevölkerung Irlands für die Legalisierung der Homo-Ehe ausgesprochen.“^[1]

Die ARD sagt: „Mehrheit für Einführung der gleichgeschlechtlichen Ehe“^[4]. Fraglich ist also, ob da jetzt legalisiert wurde, zugelassen oder eingeführt. Oder vielleicht sogar „gleichgestellt“, ein Wort, das in dem Kontext auch immer wieder fällt.

„Gleichgestellt“ wurde da meiner Ansicht nach nichts, schließlich ging es um mehr: Es eben nicht darum, eine Art der Lebenspartnerschaft einfach rechtlich gleichzusetzen – es ging darum, dass Ehe auch unter gleichgeschlechtlichen Paaren möglich ist und exakt so genannt wird.

Bei „Legalisieren“ ist die Konnotation meiner Meinung nach die folgende: Etwas war vorher zwar möglich, aber illegal/verboten/kriminell. Drogen zum Beispiel sind ja durchaus existent, es ist nur verboten, sie zu besitzen, weswegen man über ihre Legalisierung nachdenkt. Im hier vorliegenden Fall ist das ja anders: Eine Ehe unter gleichgeschlechtlichen Partnern war in Irland schlicht unmöglich, nicht aber illegal.

Gleichgeschlechtliche Ehen „zulassen“ klingt irgendwie ein bisschen nach „wir tolerieren das, aber gutheißen... nicht wirklich“. Alles in allem erscheint mir „Einführung“ doch das neutralste zu sein.

Eine schöne Alternative liefert LEO VARADKAR, Irlands Gesund-

heitsminister, in deutscher Übersetzung der ARD: „Wir sind das erste Land der Welt, dass die Homo-Ehe in der Verfassung verankert.“^[4] Sehr schön wird hierbei unter den Tisch gekehrt, dass auch andere Länder Ehe unabhängig von Geschlecht erlauben, ohne das explizit in die **Verfassung** geschrieben zu haben.

Die Formulierung im Referendum selbst war die Folgende: „*Marriage may be contracted in accordance with law by two persons without distinction as to their sex.*“^[5]

Der zeitliche Ablauf

Frage: „**Wird** die Ehe unabhängig vom Geschlecht **nach** dem“ oder „**wurde** sie **durch** das“ Referendum eingeführt? Dazu treffen die bislang genannten Nachrichtenseiten keine Aussage, da sie sich nur auf das Ergebnis des Referendums, nicht auf die Sachfrage beziehen.

Am ehesten wird das beantwortet durch Leo Varadkar^[4] von oben: Die Homo-Ehe ist in der Verfassung verankert. Was das im Detail bedeutet erklärt die zuständige Referendum Commission: Ehen zwischen gleichgeschlechtlichen Partnern erhalten verfassungsmäßig die gleichen Rechte. „*The other detailed rules about who may marry will continue to be set out in legislation.*“^[6] Sprich deklaratorisch ist schon alles geregelt, technisch ist die (in dem Fall tatsächlich) Gleichstellung im Detail aber noch Work in Progress.

Ein anderer interessanter Aspekt des zeitlichen Ablaufs ist das Referendum in Irland selbst. Vor diesem, und das wird oft nicht erwähnt, musste erst das irländische

Parlament für die Homo-Ehe votieren – was eigentlich viel bedeutender ist, wo in Deutschland ein solches Vorhaben schon im Bundestag scheitern würde (unabhängig davon, dass danach kein Referendum vorgesehen wäre).

Der letzte Schliff

In den Medien wird sehr häufig der abgrenzende Begriff „Homo-Ehe“ verwendet, wesentlich häufiger als der (eigentlich konträre) Begriff „Hetero-Ehe“. Auf Facebook wurde ich dann aufgeklärt, es ginge bei dem ganzen Thema richtigerweise um „Ehe unabhängig von Geschlecht, also inklusiver formuliert.“ In der Tat, so formuliert es auch das Referendum.

Daher scheint mir die angebrachte, neutrale Formulierung in dieser Situation:

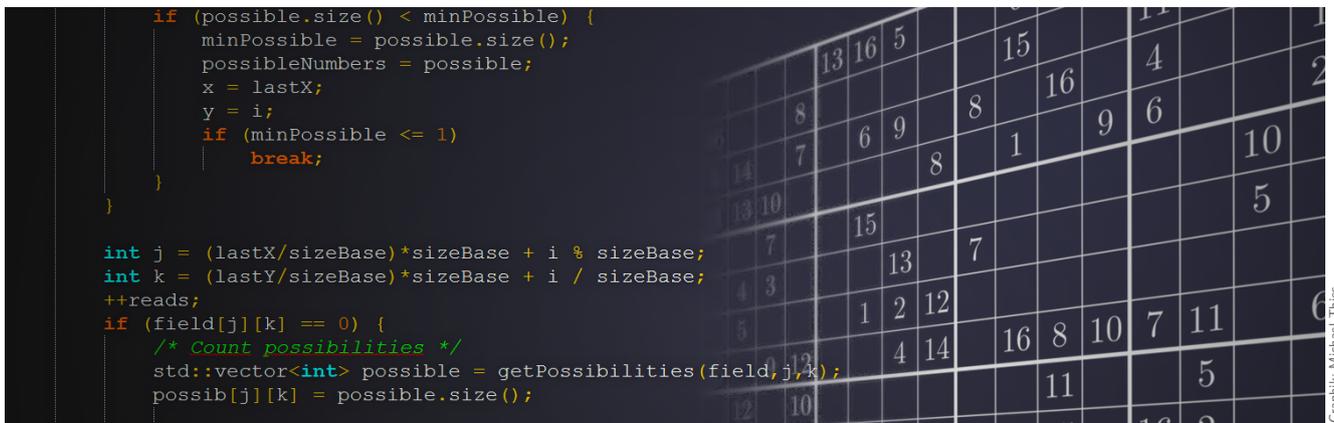
In Irland wird jetzt nach einem Referendum die Ehe unabhängig von Geschlecht eingeführt.

-
- [1] <http://www.spiegel.de/politik/ausland/irland-stimmt-fuer-homo-ehe-a-1035283.html>
(abgerufen am: 29.05.2015, 18:42)
- [2] <http://www.spiegel.de/politik/ausland/mehr-als-die-haelfte-der-iren-stimmt-fuer-homo-ehe-a-1035309.html>
(abgerufen am: 29.05.2015, 18:43)
- [3] <http://www.tagesschau.de/ausland/irland-referendum-107.html>
(abgerufen am: 29.05.2015, 18:46)
- [4] <http://www.tagesschau.de/multimedia/video/video-87237.html>
(abgerufen am: 29.05.2015, 18:47)
- [5] <http://www.oireachtas.ie/documents/bills28/bills/2015/515/b515d.pdf#page=6>
(abgerufen am: 29.05.2015, 19:25)
- [6] <http://refcom2015.ie/marriage/>
(abgerufen am: 29.05.2015, 19:53)

WISSENSCHAFT UND TECHNIK

Von Zellen, Ziffern und Programmen Sudoku lösen mit Backtracking-Algorithmen

VON MICHAEL THIES



Jeder kennt Sudoku-Zahlenrätsel und viele verbringen ihre Freizeit damit, sie zu lösen. Zugegebenermaßen hatte ich noch nie besonders viel Ausdauer beim Lösen solcher Rätsel. Als Informatikstudent ist es allerdings fast obligatorisch einen Algorithmus zum Lösen dieser oder ähnlicher Rätsel zu schreiben.

Ich habe es mir also zur Aufgabe gemacht, einen möglichst effizienten Algorithmus und damit ein möglichst schnelles Programm zum

Lösen von Sudokus zu schreiben.

Backtracking

Der grundlegende Algorithmus, der dabei zum Einsatz kommt, nennt sich »Backtracking«. Backtracking kann bei allen mehrstufigen Problemen angewendet werden, bei denen für jede Stufe eine endliche Anzahl von Auswahlmöglichkeiten besteht, und deren Lösung sich eindeutig mit korrekt oder falsch beantwort-

ten lässt. Beim Sudoku entspricht jede Stufe einer auszufüllenden Zelle. Für diese gibt es genau neun Auswahlmöglichkeiten (die Ziffern 1-9). Ob eine Auswahl für alle Stufen gültig ist, lässt sich mit den Regeln des Spiels überprüfen: In jeder Zeile, jeder Spalte und jedem Quadranten darf jede Ziffer jeweils nur einmal auftreten.

Beim Lösen durch Backtracking geht man im Allgemeinen vor, wie folgt:

```

1 Für eine Stufe:
2   Probiere für die aktuelle Stufe nacheinander alle Möglichkeiten (1-9) aus.
3   Für jede Möglichkeit:
4     Trage diese Auswahl ein und überprüfe, ob die bisherige Lösung weiterhin korrekt ist.
5     Falls die bisherige Lösung nicht falsch ist:
6       Falls die aktuelle Stufe die letzte Stufe war: Gebe WAHR zurück, um die korrekte Lösung
          anzuzeigen.
7       Sonst:
8         Rufe den Algorithmus rekursiv für die nächste Stufe auf
9         Falls der rekursive Aufruf erfolgreich ist (Rückgabe == WAHR): Breche ab und gebe WAHR
          zurück
10      Entferne Auswahl wieder aus dem Rätsel und probiere die nächste Möglichkeit
11  Wenn alle Auswahlmöglichkeiten fehlgeschlagen sind: gebe FALSCH zurück

```

Im Falle eines Sudokus wird der Algorithmus also zuerst die Zelle ganz oben links bearbeiten und dort

die Zahl 1 einsetzen. Falls das möglich ist, ruft er sich selbst für die zweite Zelle auf. Dort wird er nun

wieder, mit der 1 beginnend, alle Ziffern nacheinander testen und für jede mögliche einen rekursiven Auf-

ruf in der dritten Zelle starten.

Kann auf diese Weise eine Lösung für das Rätsel gefunden werden, gibt der Aufruf für die zweite Zelle WAHR zurück und damit auch der Aufruf in der ersten Zelle (wegen Zeile 9 im Algorithmus). Schlägt die Suche in der zweiten Zelle fehl (weil es nicht möglich ist, das Sudoku mit der 1 in der ersten Zelle zu lösen, obwohl diese an sich keinen Widerspruch erzeugt), wird die Auswahl für die zweite Zelle zurückgenommen. Der Algorithmus »geht einen Schritt zurück« in die erste Zelle (daher »Backtracking«), fügt dort die nächste Möglichkeit, eine 2 ein und versucht durch den erneuten rekursiven Aufruf, den Rest des Sudokus zu lösen.

Verbesserung durch Vorauswahl

Der beschriebene Algorithmus hat in dieser Form zwei gravierende Nachteile: Er wird für jede Zelle alle neun möglichen Zahlen ausprobieren und für jede Möglichkeit das gesamte Rätsel überprüfen – d. h. alle Zeilen, Spalten und Quadranten auf doppelte Ziffern überprüfen.

Außerdem kann es sein, dass er mit einer äußerst schlechten Zelle beginnt, das Sudoku zu lösen. Während ein schlauer Mensch in einer Zelle anfangen wird, die nur noch möglichst wenige Auswahlmöglichkeiten bietet, beginnt der obige Algorithmus stumpf in der allerersten Zelle, auch wenn in dieser Zelle auf den ersten Blick alle neun Ziffern zur Lösung führen könnten. Dadurch muss er ggf. für mehrere Ziffern zeigen, dass sie falsch sind, indem er das Rätsel auch mit allen möglichen Ziffern in den folgenden Zellen zu Widersprüchen (Regelverletzungen) führt. Das benötigt je nach Sudoku sehr viele Rekursionsschritte.

Um das erste Problem zu vermeiden, kann man schon vor dem Ausprobieren aller Ziffern in der Zelle ihre Zeile, ihre Spalte und ih-

ren Quadranten absuchen und alle so bereits ausgeschlossenen Ziffern aus der Liste der zu überprüfenden streichen.

Um das zweite genannte Problem zu lösen, muss man sich auf die Suche nach der Zelle mit den wenigsten verbleibenden Möglichkeiten machen. Dazu berechnet man für jede noch nicht ausgefüllte Zelle des Sudokus die Anzahl ihrer verbleibenden Möglichkeiten. Dazu muss, wie gerade beschrieben, ihre Zeile, Spalte und Quadrant durchgegangen und die Liste der verbleibenden Möglichkeiten gebildet werden.

Das ist seinerseits mit relativ viel Rechenaufwand verbunden, vermeidet aber den Beginn in der »falschen« Zelle und damit sehr aufwändige zusätzliche Rekursionsschritte. Man gewinnt dabei – relativ praktisch – auch die Liste der Ziffern, die in der gefundenen Zelle ausprobiert werden müssen; Problem eins ist damit also bereits gelöst.

Verbesserung durch Zeilen/Spalten/Quadranten-Suche

Im nächsten Schritt versuche ich, die gerade erst eingeführte Suche nach der zum Fortfahren am besten geeigneten Zelle zu optimieren. Wie schon angedeutet ist es relativ aufwändig, für jede leere Zelle des Sudokus ihre Zeile, ihre Spalte und ihren Quadranten abzusuchen, um die Zelle mit den wenigsten verbleibenden Möglichkeiten zu finden.

Wir fragen also wieder: Wie finden wir am schnellsten eine Zelle, mit der wir gut weitermachen können? Oder: Wie finden wir möglichst schnell eine Zelle, mit der wir möglichst gut weiter machen können? Vielleicht kann man einen Kompromiss finden, der nicht die absolut beste Zelle liefert, dafür aber sehr schnell ist.

Ich habe mich an dieser Stel-

le wieder gefragt: Was würde ein schlauer Mensch machen? Eigentlich relativ klar: Er sucht zunächst in der Zeile der Zelle, die er gerade gefüllt hat – und ihrer Spalte und ihrem Quadranten. Denn durch die Änderung in der gerade gefüllten Zelle hat sich in den dort übrigen leeren Zellen die Anzahl der verbleibenden Möglichkeiten vermutlich verringert.

Nur dort zu suchen, führt aber auch nicht unbedingt zu einem Ergebnis. Spätestens wenn Zeile, Spalte und Quadrant der zuletzt gefüllten Zelle schon voll sind, müssen wir doch das gesamte Sudoku absuchen. Außerdem sind Szenarien denkbar, in denen die Suche der besten Zelle im besagten Bereich nicht die beste Zelle im gesamten Sudoku liefert. Um dieses Risiko zu umgehen, begrenze ich die Zeilen/Spalten/Quadranten-Suche nur auf Zellen, die weniger oder gleich viele Rest-Möglichkeiten haben, wie die soeben ausgefüllte. Wird dort keine solche gefunden, durchsucht das Programm automatisch das gesamte Sudoku nach der besten Zelle. An dieser Stelle könnte man ansetzen, um auf einen Kompromiss hin zu optimieren, wie oben angegeben.

Messungen

Standard-Sudokus mit 9x9 Feldern sind für einen Computer ziemlich langweilig. Heutige Rechner schaffen es selbst mit schlechten Algorithmen in langsamen Programmiersprachen, sie in wenigen Sekunden oder Minuten zu lösen. Ich habe mein Programm daher so allgemein gehalten, dass es beliebig große Sudoku-Rätsel lösen kann. Sinnvolle Rätsel haben $n^2 \times n^2$ (mit $n \in \mathbb{N}$) und n^2 Quadranten mit einer Seitenlänge von n Kästchen.

Die nächstgrößere Variante sind also 16x16-Sudokus, oft als »Hexadoku« bezeichnet. Zum Testen meines Programms habe ich die folgenden Rätsel verwendet.

8								
		3	6					
	7			9		2		
	5				7			
				4	5	7		9
			1				3	
		1					5	8
		8	5					
	9					4		

S1

			1				5		
	5			3		1		8	
3					2				1
	1			7		6		2	
		4					1		
	2		4		5		6		
5				9					7
	8		6		2		5		
		7					2		

S2

				13	16	5			6					15	
16			8						15			11			5
5	14		7		6	9		8		16		4			1
11	13	10					8		1	9	6				2
		7			15									10	
	4	3				13		7							5
	5				1	2	12								
15		9	12			4	14		16	8	10	7	11		6
	12		10							11			5		
7	11		3			1		6	13	15		16	2		
		13	14	16		10	15	9		12	4				6
6			5			14		10					13		4
	15			5	3		13	4	12		11			1	
		4					16					2	14		15
						8	10			13	3	12		7	
				12	14		4	1		16					

H1

Als Metrik zur Laufzeitmessung verwende ich die Anzahl der Rekursionsschritte (S), die Anzahl der Leszugriffe (R) auf die Datenmatrix und die auf meinem Computer (Intel Core i5-3320M, Windows 7 x64, kompiliert mit gcc -o 3 ...) benötigte Zeit.

Um herauszufinden, welche Optimierungen des Algorithmus zum besten Ergebnis führen, habe ich die gleichen Sudokus von verschiedenen Varianten des oben beschriebenen Algorithmus lösen lassen. Interessant ist, dass es keinen klaren Sieger unter den Varianten gibt. Bei

den verschiedenen Sudokus benötigen jeweils andere Algorithmusvarianten sehr viele oder wenige Schritte.

Legende der verschiedenen Varianten:

No	Keine Zeilen-, Spalten- oder Quadranten-Suche, direkt gesamte Matrix absuchen
ZS	Kombinierte Zeilen- und Spalten-Suche, dann erst gesamte Matrix
Quad	Quadranten-Suche, dann erst gesamte Matrix
ZS+Quad	Zuerst Zeilen- und Spalten-, dann Quadranten-Suche, dann gesamte Matrix
Quad+ZS	Zuerst Quadranten-, dann Zeilen- und Spalten-Suche, dann gesamte Matrix
ZS/Quad	Kombinierte Zeilen-, Spalten- und Quadranten-Suche

Die Varianten sind jeweils so zu verstehen, dass erst innerhalb des zuerst angegebenen Bereichs nach der Zelle mit den wenigsten verbleibenden Möglichkeiten gesucht wird. Hat die so gefundene Zelle weniger

verbleibende Möglichkeiten als die zuvor ausgefüllte Zelle, wird die Suche abgebrochen und diese Zelle verwendet. Falls nicht, wird die Suche im nächsten Bereich bzw. dem ganzen Sudoku fortgesetzt.

Die Tabelle mit den Messwerten für die oben angegebenen Sudokus, sowie ein leeres 16x16- und ein leeres 25x25-Sudoku:

Sudoku	No	ZS	Quad	ZS+Quad	Quad+ZS	ZS/Quad
S1	0 ms	0 ms	30 ms	0 ms	50 ms	0 ms
	659 S	81 S	6.898 S	81 S	5.242 S	81 S
	123.163 R	33.428 R	2.198.932 R	41.441 R	2.813.611 R	40.162 R
S2	10 ms	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms	0 ms
	308 S	148 S	176 S	148 S	169 S	169 S
	57.826 R	53.918 R	49.038 R	65.519 R	74.964 R	71.436 R
H1	210 ms	90 ms	104 ms	110 ms	120 ms	100 ms
	141.798 S	6.994 S	12.019 S	6.768 S	7.095 S	6.774 S
	29.043.419 R	8.787.578 R	9.509.111 R	10.623.516 R	11.664.096 R	10.126.055 R
16x16 leer	0 ms	20 ms	10 ms	20 ms	10 ms	10 ms
	257 S	1.684 S	308 S	1.543 S	704 S	319 S
	406.852 R	1.510.726 R	447.813 R	1.860.527 R	1.234.176 R	650.906 R
25x25 leer	70 ms	2.350 ms	80 ms	> 10 s	260 ms	> 10 s
	12.658 S	220.794 S	2.110 S	–	7.334 S	–
	10.877.161 R	360.774.454 R	7.049.388 R	–	27.910.637 R	–

An einem besonders schweren Hexadoku ist der Algorithmus bisher völlig gescheitert: In der **ZS/Quad**-Variante hat er zur Lösung ca. 2,5 h benötigt; die anderen

Varianten habe ich bisher nicht getestet.

Ich würde mich daher über weitere Ideen zur Optimierung dieses Algorithmus oder zur Umsetzung völ-

lig anderer Algorithmen freuen. Den C++-Quellcode des hier vorgestellten Programms habe ich auf GITHUB veröffentlicht: <https://github.com/mthies/sudokusolver>.

Quantenmechanik (nicht nur) für Mathematiker

Teil 2: Erste Anwendungen und Präparierunschärfe

VON PHILIP SCHWARTZ (Gastbeitrag)

Liebe Leser, nachdem ich nicht dazu gekommen war, für die letzte Ausgabe des NEOLOGISMUS einen zu schreiben, gibt es jetzt einen Folgeartikel. Aufbauend auf dem ersten Teil, in dem wir den mathematischen Hintergrund und die wichtigsten Grundbegriffe des Formalismus der Quantenmechanik eingeführt haben, können wir uns jetzt einigen einfachen „Anwendungsbeispielen“ zuwenden – oder zumindest einige einfache Untersuchungen anstellen, die konkret physikalisch motiviert sind. Außerdem werden wir die Präparierunschärferelation für Ort und Impuls herleiten, die einerseits sicherlich zu den bekanntesten Resultaten der Quantenmechanik gehört und andererseits einen fundamentalen Aspekt illustriert, in dem sich diese grundsätzlich von den Theorien der klassischen Physik unterscheidet.

Dieser Artikel wird mathematisch etwas weniger „tiefgehend“ sein als der erste; ich bitte diejenigen Leser, die das vermissen, es zu entschuldigen. Ab dem nächsten Teil wird

es wieder um fundamentalere Dinge gehen, damit wird sich das wieder ändern.

Außerdem möchte ich an dieser Stelle noch die Referenz auf das Skript von Reinhard F. Werner^[2] nachreichen, die im ersten Artikel verloren gegangen ist.

Erste Anwendungsbeispiele des Formalismus

In diesem Abschnitt wollen wir zeigen, wie der allgemeine Formalismus auf eine einfache physikalische Situation angewendet werden kann, und anschließend noch einige einfache allgemeinere Untersuchungen anstellen.

Polarisationsexperimente

Das einfachste Beispiel für eine Art von physikalischen Situationen, die sich quantenmechanisch beschreiben lassen, sind Polarisationsexperimente mit klassischem monochromatischem Licht. Wir betrachten also eine Situation, in der wir einen

Lichtstrahl erzeugen, ihn mit verschiedenen linearen optischen Apparaturen – z. B. Polarisationsfiltern, Linsen oder $\lambda/4$ -Plättchen – „manipulieren“, die Intensität des so entstehenden Strahls messen und diese mit der Intensität des ursprünglichen Strahls vergleichen („linear“ bedeutet hierbei, dass das Verhalten der Apparaturen nicht von der Intensität des Lichts abhängt). Verwendet man einen Detektor, der einzelne Photonen nachweisen kann, so stellt man fest, dass die Intensität eines Lichtstrahls direkt proportional zur Photonenanzahlrate ist; somit entspricht die relative Intensität des detektierten Lichtstrahls der Wahrscheinlichkeit für ein Photon des Strahls, die Apparatur zu durchqueren.

Modellieren wir einen Lichtstrahl mit Kreisfrequenz ω , der sich in x^3 -Richtung ausbreitet, als monochromatische ebene Welle, so haben die Komponenten des elektrischen und magnetischen Feldes die Kom-

ponenten

$$E^j(x, t) = \text{Re}(\psi^j \exp(i\omega(x^3 - t))),$$

$$B^j(x, t) = \text{Re}(\varphi^j \exp(i\omega(x^3 - t))),$$

$$j = 1, 2, 3.$$

mit komplexen Koeffizienten $\psi^j, \varphi^j \in \mathbb{C}$ (wir verwenden ein Einheitensystem, in dem die Lichtgeschwindigkeit c und die Dielektrizitätskonstante ε_0 den Wert 1 haben). Aus den VAKUUM-MAXWELLGLEICHUNGEN $\text{div } B = 0, \text{rot } E + \partial_t B = 0, \text{div } E = 0$ und $\text{rot } B - \partial_t E = 0$ ergeben sich die Bedingungen $\psi^3 = \varphi^3 = 0, \varphi^1 = -\psi^2$ und $\varphi^2 = \psi^1$; der Lichtstrahl ist also komplett charakterisiert durch den Vektor $\psi = (\psi^1, \psi^2) \in \mathbb{C}^2$. Der Poynting-Vektor, der die Energiestromdichte angibt, ergibt sich dann mit der Rechenregel $(\text{Re } z)^2 = \frac{1}{2}(\text{Re}(z^2) + |z|^2)$ zu

$$S(x, t) = E \times B$$

$$= \frac{1}{2} \left(0, 0, \cos(2\omega(x^3 - t)) + |\psi^1|^2 + |\psi^2|^2 \right);$$

die zeitlich gemittelte Energiestromdichte bzw. die Intensität des durch $\psi \in \mathbb{C}^2$ charakterisierten Lichtstrahls ist also (Betrag des Poynting-Vektors, zeitlich gemittelt) $I = \frac{1}{2} \|\psi\|^2$.

Unterscheiden sich $\psi, \psi' \in \mathbb{C}^2$ nur durch einen komplexen Phasenfaktor $\psi' = \exp(i\varphi)\psi, \varphi \in \mathbb{R}$, so beschreiben sie denselben Lichtstrahl, lediglich mit einer Phasenverschiebung der Felder; der Lichtstrahl „an sich“ bleibt also unverändert. Ebenso sorgt ein reeller Skalierungsfaktor nur für unterschiedliche Intensität; da alle unsere Apparaturen, mit denen wir die Strahlen manipulieren, linear sein sollen, und uns nur relative Intensitäten (bzw. Photonendetektierwahrscheinlichkeiten) interessieren, spielt also ein reeller Skalierungsfaktor auch keine Rolle. Also beschreiben allgemein zwei Vektoren $\psi, \psi' \in \mathbb{C}^2$ genau dann denselben Lichtstrahl, wenn sie sich um einen (komplexen) Skalar unterscheiden.

Die Bedeutung, die die beiden Komponenten von ψ dann noch ha-

ben, ist die *Polarisation* des Lichtstrahls, wie schnell an einigen Beispielen klar wird: Für $\psi = (1, 0)$ schwingt das elektrische Feld komplett in x^1 -Richtung und für $\psi = (0, 1)$ in x^2 -Richtung, es liegt also jeweils lineare Polarisation in diese Richtungen vor; ebenso bei $\psi = (\lambda_1, \lambda_2)$ mit $\lambda_1, \lambda_2 \in \mathbb{R}$ (hier dann eben lineare Polarisation in der dadurch vorgegebenen Richtung). Unterscheiden sich die beiden Komponenten noch durch einen komplexen Phasenfaktor, also oBdA $\psi = (\lambda_1, \exp(i\varphi)\lambda_2)$ mit $\lambda_1, \lambda_2, \varphi \in \mathbb{R}$, so sorgt dieser für eine Phasenverschiebung zwischen der x^1 - und der x^2 -Komponente des elektrischen Feldes; es liegt dann also zirkulare bzw. elliptische Polarisation vor.

Eine „Manipulation“ des Strahls mit einem lineareoptischen Gerät entspricht der Multiplikation von ψ mit einer komplexen 2×2 -Matrix V , also $\psi' = V\psi$; da Intensitäten dabei nur verringert, aber nicht erhöht werden können, also $\|\psi'\| \leq \|\psi\|$, muss $\langle \psi, \psi \rangle \geq \langle V\psi, V\psi \rangle = \langle \psi, V^*V\psi \rangle$ sein, also $V^*V \leq \mathbb{1}$. Beispielsweise entspricht $V = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$ einem linearen Polarisationsfilter in x^1 -Richtung, $V = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ einem in x^2 -Richtung, $V = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ einem in diagonaler Richtung (45°). $V = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix}$ erzeugt eine relative Phasenverschiebung zwischen den x^1 - und x^2 -Komponenten des elektrischen Feldes um 90° , entspricht also einem $\lambda/4$ -Plättchen. Hat man mehrere Komponenten nacheinander im Strahlengang, muss man die Matrizen entsprechend multiplizieren. Insgesamt wird der Filteraufbau vor dem finalen Intensitätsmessgerät also beschrieben durch eine Matrix V mit $V^*V \leq \mathbb{1}$.

Die relative Intensität, die man nach dem Filter misst, ist also gegeben durch $\frac{\|\psi'\|^2}{\|\psi\|^2} = \frac{\langle \psi, F\psi \rangle}{\langle \psi, \psi \rangle}$ mit $F = V^*V$, bzw. für normiertes ψ einfach durch $\langle \psi, F\psi \rangle$.

Wir haben also exakt die Situation unseres allgemeinen quantenmechanischen Formalismus, für reine Zustände: Ein reiner Zustand unseres Systems – also eine bestimmte Strahlpräparation mit festgelegter Polarisation – wird beschrieben durch einen (normierten) Vektor $\psi \in \mathcal{H} = \mathbb{C}^2$ bis auf Multiplikation

mit einem Skalar, die möglichen ja-nein-Messapparaturen – also „Filter“ aus lineareoptischen Komponenten mit einem anschließenden Intensitätsmessgerät bzw. Photonen-zähler – werden beschrieben durch Operatoren F mit $0 \leq F \leq \mathbb{1}$, und die Ansprechwahrscheinlichkeit ist $\langle \psi, F\psi \rangle$.

Ein gemischter Zustand, der also durch eine Dichtematrix ρ beschrieben wird, entspricht dann also einem Lichtstrahl, in dem einzelne Photonen verschiedene Polarisationen haben können, also einem (teilweise) *unpolarisierten* Lichtstrahl. Der gemischte Zustand $\rho = \frac{1}{2}\mathbb{1}$ beispielsweise entspricht dann also einem Lichtstrahl, in dem jede Polarisation gleich wahrscheinlich ist, d. h. einem komplett unpolarisierten Lichtstrahl.

Zweizustandssysteme

Bei der quantenmechanischen Untersuchung von Symmetrien, speziell Drehsymmetrien, stellt sich heraus (siehe spätere Teile der Artikelreihe), dass quantenmechanische Systeme eine Eigenschaft besitzen können, die sich in bestimmten Aspekten wie ein Drehimpuls verhält, aber kein klassisches Analogon hat. Diese Größe nennt man *Spin*.

Die einfachsten nichttrivialen Systeme mit Spin sind solche mit Spin $\frac{1}{2}$ (das kann an dieser Stelle einfach als ein Name für diese Systemsorte gesehen werden). Der Spinfreiheitsgrad eines Spin- $\frac{1}{2}$ -Systems wird quantenmechanisch beschrieben durch einen zweidimensionalen Hilbertraum.

Wir kennen also nun zwei Arten von Systemsorten, die durch Quantenmechanik mit zweidimensionalen Hilberträumen beschrieben werden, nämlich den Polarisationsfreiheitsgrad von klassischem Licht (eher uninteressant) und Spin- $\frac{1}{2}$ -Systeme (recht interessant, weil „fundamental“ quantenmechanisch). Überhaupt lassen sich viele quantenmechanische Systeme in bestimmten Aspekten durch solche sogenannten *Zweizustandssysteme* (meint die Anzahl der Basisvektoren, also der reinen Zustände in einer Basis), die oft auch als *Qubits* bezeichnet werden, be-

schreiben (beispielsweise auch zwei mögliche Anregungszustände eines Atoms und Übergänge dazwischen).

Deshalb wollen wir nun die Menge der Zustände eines solchen Systems genauer untersuchen, d. h. die Menge der Dichteoperatoren auf einem 2-dimensionalen Hilbertraum. Wählen wir eine feste ONB, so sind die Operatoren durch 2×2 -Matrizen gegeben. Da Dichteoperatoren ρ positiv sind, sind sie insbesondere selbstadjungiert; d. h. für die Matrizen gilt $\rho^* = \rho^T = \rho$. Eine \mathbb{R} -Basis der selbstadjungierten 2×2 -Matrizen ist offensichtlich gege-

ben durch die *Pauli-Matrizen*

$$\begin{aligned} \sigma^1 &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \\ \sigma^2 &= \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \\ \sigma^3 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

und die Einheitsmatrix; eine beliebige selbstadjungierte 2×2 -Matrix A lässt sich also schreiben als

$$A = \frac{1}{2} \left(a_0 \mathbb{1} + \sum_{i=1}^3 a_i \sigma^i \right)$$

mit $a_\mu \in \mathbb{R}, \mu \in \{0, \dots, 3\}$. Dann gilt, wie man leicht nachrechnen kann, $\det A = \frac{1}{4} (a_0^2 - \|(a_1, a_2, a_3)\|^2)$.

$$\left\{ \rho = \frac{1}{2} \left(\mathbb{1} + \sum_{i=1}^3 a_i \sigma^i \right); a \in \mathbb{R}^3, \|a\| \in [0, 1] \right\}.$$

Man kann auf diese Weise also die Menge der Dichteoperatoren – d. h. die Menge der Zustände – mit der Einheitsvollkugel in \mathbb{R}^3 identifizieren.

Ein Zustand ist genau dann rein, wenn er ein eindimensionaler Projektor ist; d. h. eine Dichtematrix ρ wie oben beschreibt genau dann einen reinen Zustand, wenn einer der Eigenwerte 1 und damit der andere 0 ist, wenn also $\det \rho = 0$ ist; d. h. wenn in der obigen Parametrisierung $\|a\| = 1$ gilt. Die reinen Zustände entsprechen also den Punkten auf der Einheitskugel. Die reinen Zustände, die ja allgemein als Extrempunkte (nicht weiter konvex entmischbare Punkte) der konvexen Zustandsmenge definiert sind, entsprechen also auch in dieser Darstellung den Extrempunkten (was natürlich einfach daran liegt, dass die obige Zuordnung $\rho \leftrightarrow a$ linear ist).

Diese geometrische Darstellung der Zustände eines Qubits nennt man die *Bloch-Kugel* bzw. die *Bloch-Sphäre*.

Übergangswahrscheinlichkeiten

Nun wollen wir wieder den allgemeinen quantenmechanischen Formalismus betrachten und einen oft benutzten Begriff einführen. Sei also \mathcal{H} ein beliebiger (separabler) Hilbertraum. Für einen beliebigen normierten Vektor $\psi \in \mathcal{H}$ ist durch den Projektor $P := |\psi\rangle\langle\psi|$ offensichtlich ein Detektoroperator gegeben (d. h. $0 \leq P \leq \mathbb{1}$). P steht also für eine mögliche ja-nein-Messung am System; aber was bedeutet diese Messung, d. h. welche ja-nein-Frage wird durch eine P -Messung beantwortet?

Ergänzen wir ψ zu einer ONB $\{\psi_1 = \psi, \psi_2, \dots\}$ von \mathcal{H} , so erhalten wir eine Folge von Detektoroperatoren $F_i = |\psi_i\rangle\langle\psi_i|$. Da $\sum_{i=1}^N F_i = \mathbb{1}$ gilt – mit $N = \dim \mathcal{H} \in \mathbb{N} \cup \{\infty\}$ –, erhalten wir also eine Observable (d. h. ein POVM) F auf der Menge $\{1, \dots, N\}$, aufgefasst als diskreter messbarer Raum. Was bedeutet diese Observable? Als mögliche Messergebnisse haben wir gerade die „Labels“ $\{1, \dots, N\}$ unserer Basisvektoren, und für einen Zustand ρ gilt genau dann $\text{tr}(\rho F_i) = 1$, wenn $\rho = |\psi_i\rangle\langle\psi_i|$ der zu ψ_i gehörige reine Zustand ist (was leicht aus $\text{tr}(\rho F_i) = \langle\psi_i, \rho \psi_i\rangle$, der Bedingung

Sei nun also ρ ein Dichteoperator. Schreiben wir wie oben $\rho = \frac{1}{2} (a_0 \mathbb{1} + \sum_{i=1}^3 a_i \sigma^i)$, so bedeutet $\text{tr} \rho = 1$ gerade $a_0 = 1$. Also ist $\rho = \frac{1}{2} (\mathbb{1} + \sum_{i=1}^3 a_i \sigma^i)$. Da ρ selbstadjungiert ist, ist es diagonalisierbar mit reellen Eigenwerten. Nennen wir einen der Eigenwerte p , so muss wegen $\text{tr} \rho = 1$ der zweite Eigenwert $1-p$ sein. Außerdem bedeutet $\rho \geq 0$, dass die beiden Eigenwerte nicht-negativ sind, also $p \in [0, 1]$; d. h. $\det \rho = p(1-p) \in [0, \frac{1}{4}]$. Da außerdem $\det \rho = \frac{1}{4} (1 - \|(a_1, a_2, a_3)\|^2)$ gilt, bedeutet $\rho \geq 0$ also gerade $\|(a_1, a_2, a_3)\|^2 \in [0, 1]$. Damit haben wir also bewiesen:

Satz 1.1. Die Menge der 2×2 -Dichtematrizen ist gegeben durch

$\text{tr} \rho = 1$ und der Definition der Spur folgt); d. h. eine F -Messung liefert genau dann sicher das Ergebnis „i“, wenn wir das System im reinen Zustand präparieren, der zu ψ_i gehört. Also liegt es nahe, eine Messung bzgl. dieser Observablen F als die Frage danach zu verstehen, in welchem der zu den Basisvektoren gehörigen reinen Zustände das System vorliegt.

Insbesondere steht also $P = F_1 = |\psi\rangle\langle\psi|$ für die ja-nein-Messung, ob das System im zu ψ gehörigen reinen Zustand vorliegt. Die Wahrscheinlichkeit $\text{tr}(\rho |\psi\rangle\langle\psi|) = \langle\psi, \rho \psi\rangle$, dass dies der Fall ist, nennt man die *Übergangswahrscheinlichkeit* des Systems in den reinen Zustand ψ . Das ist ein vielleicht etwas ungünstig gewählter Begriff, aber er ist so üblich; und in dem Fall, dass $\rho = |\phi\rangle\langle\phi|$ auch ein reiner Zustand ist, ist es eben wirklich die Wahrscheinlichkeit, dass das System vom reinen Zustand ϕ in den reinen Zustand ψ übergeht.

Präparierunschärfe

Nun werden wir uns mit einem wichtigen Aspekt der Quantenmechanik beschäftigen, der sie grund-

□

legend von der klassischen Physik unterscheidet: Sogenannten *Präparierunscharferelationen*. In der klassischen Physik ist es möglich, Systeme prinzipiell so zu präparieren, dass man je zwei verschiedene Eigenschaften beliebig genau festlegen kann (natürlich nur Eigenschaften, die „unabhängig“ voneinander sind; man kann natürlich ein Teilchen nicht so präparieren, dass sein Impuls 0 und die Geschwindigkeit ungleich 0 ist). Dies ist in der Quantenmechanik nicht mehr möglich: Dort gibt es Paare von Größen, die sich nicht gemeinsam beliebig scharf präparieren lassen. Genauer ist das Folgende gemeint:

Für zwei solche Größen A und B definiert man irgendwie geartete Ausdrücke $\Delta_\rho A$ und $\Delta_\rho B$, die quantifizieren, wie sehr bei einer A - bzw. B -Messung an einem gemäß ρ präparierten System das Messergebnis „streuen“ kann (natürlich bezogen auf wiederholte Messungen an identisch präparierten Systemen). Eine Präparierunscharferelation gibt dann in irgendeinem genauen Sinne an, dass $\Delta_\rho A$ und $\Delta_\rho B$ nicht beide beliebig klein werden können.

Streuung von reellwertigen Observablen

Betrachtet man allgemein eine Messung, deren Ergebnis reelle Zahlen sind, so bietet sich als Maß für die Streuung der Messergebnisse bei Messung an einem gemäß ρ präparierten System die *Standardabweichung* der Messwerte an, d. h. die Wurzel aus der Differenz zwischen dem Erwartungswert des Quadrats der Messwerte und dem Quadrat des Erwartungswerts der Messwerte. Für eine reellwertige Observable F (also ein POVM) auf einem separablen Hilbertraum \mathcal{H} berechnet sich die Standardabweichung al-

so zu

$$\sqrt{\langle (x \mapsto x^2) \rangle_{\rho, F} - \langle (x \mapsto x) \rangle_{\rho, F}^2}$$

wobei für eine messbare Funktion $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ die Schreibweise $\langle f \rangle_{\rho, F}$ für den Erwartungswert der mit f „weiterverarbeiteten“ Messwerte von F an gemäß ρ präparierten Systemen steht, also $\langle f \rangle_{\rho, F} = \int_{\mathbb{R}} f(x) d\mu(x)$ mit $\mu = \text{tr}(\rho F(\cdot))$.

Hat man spezieller eine *projektionswertige* reellwertige Observable F , so ist diese schon durch ihren Erwartungswertoperator $E_F = \int_{\mathbb{R}} x dF(x)$ bestimmt, der dann ein selbstadjungierter Operator ist, und die Standardabweichung ist $\sqrt{\text{tr}(\rho E_F^2) - \text{tr}(\rho E_F)^2}$ (siehe vorheriger Artikel). Deshalb definiert man:

Definition 1.2. Für einen separablen Hilbertraum \mathcal{H} , einen Dichteoperator ρ auf \mathcal{H} und einen selbstadjungierten Operator A auf \mathcal{H} setzen wir

$$\Delta_\rho(A) := \sqrt{\text{tr}(\rho A^2) - \text{tr}(\rho A)^2}.$$

Hat man eine projektionswertige reellwertige Observable also durch ihren Erwartungswertoperator A gegeben, so ist die Standardabweichung der Messwerte bei Messung an gemäß ρ präparierten Systemen $\Delta_\rho(A)$, was sich auch in der Form

$$\Delta_\rho(A) = \sqrt{\text{tr}(\rho(A - a_0 \mathbb{1})^2)}$$

mit dem Erwartungswert $a_0 = \text{tr}(\rho A)$ schreiben lässt (wie man direkt nachrechnen kann).

Orts-Impuls-Unschärfe

Das bekannteste Beispiel einer Präparierunscharferelation ist diejenige für Ort und Impuls; diese wollen wir

nun herleiten.

Lemma 1.3. Für je zwei selbstadjungierte Operatoren A, B und einen Dichteoperator ρ auf einem separablen Hilbertraum \mathcal{H} gilt

$$\begin{aligned} \text{tr}(\rho A^2) \text{tr}(\rho B^2) &\geq |\text{tr}(\rho AB)|^2 \\ &\geq \left| \frac{1}{2} \text{tr}(\rho[A, B]) \right|^2. \end{aligned}$$

Beweis. Für beliebige Operatoren X ist $X^*X \geq 0$, also nach Lemma 1.32 $\text{tr}(\rho X^*X) \geq 0$. Speziell für $X = A - \frac{\text{tr}(\rho AB)}{\text{tr}(\rho B^2)} B$ ist

$$\begin{aligned} X^*X &= X^2 \\ &= A^2 + \frac{\text{tr}(\rho AB)^2}{\text{tr}(\rho B^2)^2} B^2 \\ &\quad - \frac{\text{tr}(\rho AB)}{\text{tr}(\rho B^2)} AB \\ &\quad - \frac{\text{tr}(\rho AB)}{\text{tr}(\rho B^2)} BA, \end{aligned}$$

also erhalten wir $\text{tr}(\rho A^2) \text{tr}(\rho B^2) \geq \text{tr}(\rho AB) \text{tr}(\rho BA)$. Schreiben wir nun ρ in der Form $\rho = \sum_k p_k |\psi_k\rangle\langle\psi_k|$ mit $p_k \in [0, 1]$, so sehen wir

$$\begin{aligned} \text{tr}(\rho BA) &= \sum_k p_k \langle\psi_k|BA|\psi_k\rangle \\ &= \sum_k p_k \langle\psi_k, BA\psi_k\rangle \\ &= \sum_k p_k \langle B\psi_k, A\psi_k\rangle \\ &= \sum_k p_k \overline{\langle A\psi_k, B\psi_k\rangle} \\ &= \sum_k p_k \overline{\langle\psi_k|AB|\psi_k\rangle} \\ &= \overline{\text{tr}(\rho AB)}. \end{aligned}$$

Damit haben wir tatsächlich die erste behauptete Ungleichung $\text{tr}(\rho A^2) \text{tr}(\rho B^2) \geq |\text{tr}(\rho AB)|^2$.

Weiterhin ist $|\text{tr}(\rho AB)|^2 \geq |\text{Im tr}(\rho AB)|^2$, und mit

$$\begin{aligned} \text{Im tr}(\rho AB) &= \sum_k p_k \text{Im} \langle\psi_k|AB|\psi_k\rangle &= \sum_k p_k \text{Im} \langle A\psi_k, B\psi_k\rangle \\ &= \sum_k p_k \frac{1}{2i} \left(\langle A\psi_k, B\psi_k\rangle - \overline{\langle A\psi_k, B\psi_k\rangle} \right) &= \sum_k p_k \frac{1}{2i} \left(\langle A\psi_k, B\psi_k\rangle - \langle B\psi_k, A\psi_k\rangle \right) \\ &= \sum_k p_k \frac{1}{2i} \left(\langle\psi_k, AB\psi_k\rangle - \langle\psi_k, BA\psi_k\rangle \right) &= \sum_k p_k \frac{1}{2i} \langle\psi_k, [A, B]\psi_k\rangle \\ &= \frac{1}{2i} \text{tr}(\rho[A, B]) \end{aligned}$$

haben wir die zweite Ungleichung. \square

Lemma 1.4. *Für je zwei selbstadjungierte Operatoren A, B und einen Dichteoperator ρ gilt*

$$\Delta_\rho(A)\Delta_\rho(B) \geq \left| \frac{1}{2} \operatorname{tr}(\rho[A, B]) \right|.$$

Beweis. Wir setzen $\tilde{A} := A - a_0 \mathbb{1}$, $\tilde{B} := B - b_0 \mathbb{1}$ mit den Erwartungswerten $a_0 := \operatorname{tr}(\rho A)$, $b_0 := \operatorname{tr}(\rho B)$. Dann gilt einerseits $\Delta_\rho(A) = \operatorname{tr}(\rho \tilde{A})$ und $\Delta_\rho(B) = \operatorname{tr}(\rho \tilde{B})$ und andererseits $[\tilde{A}, \tilde{B}] = [A, B]$, da Vielfache des Identitätsoperators mit allen Operatoren kommutieren. Damit folgt die Behauptung aus dem vorherigen Lemma, angewendet auf \tilde{A}, \tilde{B} . \square

Aus diesem Lemma erhalten wir nun direkt die Präparierunscharferelation für Ort und Impuls eines Teilchens mit einem Freiheitsgrad (d. h. bei Bewegung in einer Dimension): Diese sind projektionswertige reellwertige Observablen, für deren

Erwartungswertoperatoren Q (Ort) und P (Impuls) die Kommutatorrelation $[Q, P] = i\hbar \mathbb{1}$ gilt (siehe nächster Artikel der Reihe); damit folgt für das Produkt der Standardabweichungen von Ort und Impuls mit dem obigen Lemma

$$\Delta_\rho(Q)\Delta_\rho(P) \geq \frac{\hbar}{2}$$

mit dem reduzierten Planck'schen Wirkungsquantum \hbar (das wir hier einmal nicht gleich 1 setzen, da die Unschärferelation so ihre bekannte Form hat). Bei Teilchen mit mehr Freiheitsgraden gilt die Ungleichung entsprechend, allerdings nur jeweils für Ort und Impuls in derselben Richtung.

Interessant ist es vielleicht noch, anzumerken, dass in Werner Heisenbergs ursprünglichem Artikel, nach dem oft das allgemeine Konzept von Unschärferelationen oder diese Orts-Impuls-Präparierunscharferelation als „Heisenberg'sche Unschärferelation“ bezeichnet werden, gar keine Unschär-

ferelation in Form einer Ungleichung vorkommt, sondern „nur“ semiklassische Betrachtungen zu Bahnen von Teilchen und eine „Unschärferelation“ $p_1 q_1 \sim \hbar$ ohne präzise Erklärung (trotzdem war dieser Artikel der Anstoß für weitere Überlegungen in dieser Richtung, und die Benennung nach Heisenberg ist zweifellos gerechtfertigt).

Genau genommen war die obige Herleitung der Orts-Impuls-Unschärfe ein bisschen geschummelt; Orts- und Impulsoperator sind nämlich unbeschränkte Operatoren, für die wir die nötige „Maschinerie“ noch gar nicht eingeführt haben. Das soll aber im nächsten Artikel der Reihe nachgeholt werden.

-
- [1] **Schwartz, Philip.** *Quantenmechanik (nicht nur) für Mathematiker, Teil I: Mathematische und konzeptionelle Grundlagen.* VEOLGISMUS, März 2015, S. 9ff.
- [2] **Reinhard F. Werner.** *Skript zur Quantenmechanik, Version 2014.* Als PDF-Datei erhältlich auf Anfrage beim Autor des Artikels.

FEUILLETON

Blind Guardian: Beyond The Red Mirror

Ein gemeinsamer Album-Review, Teil 2

VON MARC ZERWAS UND FLORIAN KRANHOLD

In der vorletzten Ausgabe versuchten Florian und meine Wenigkeit, uns dem neusten Streich der Band *Blind Guardian* zu nähern: *Beyond the Red Mirror*. Nicht nur, dass es über die einzelnen Stück

viel zu schreiben gibt, auch die Länge des Albums führte zu dem Entschluss unseren Review in zwei Artikel aufzuteilen. Widmeten wir uns vor zwei Monaten der ersten der beiden CDs, so ließen wir nun den zwei-

ten Datenträger im Laufwerk glühen und versuchten, passende Worte zum Gehörten zu finden. Schauen wir nun also, was die folgenden sechs Lieder zu bieten haben:

The Holy Grail

MARC: Die zweite CD des Albums beginnt mit dem recht zügigen *The Holy Grail*. Das Lied beginnt relativ direkt relativ wuchtig ohne ein aufwändiges Intro. Damit hebt es sich wieder angenehm von *Distant Memories* ab und setzt die Messlatte für die zweite Albumhälfte ziemlich hoch. Das Lied fasziniert vor allem durch den konstanten Wechsel zwischen Hansi (wir erinnern uns, der Sänger) und dem Chor.

Dabei wird das Stück konstant

FLORIAN: Dieses Stück beginnt sehr pompös und trotz seiner Aggressivität ist das Intro komplex und infolgedessen nicht stumpf. In der darauffolgenden Strophe finden wir ein paar sonderbare Gitarreneinwürfe auf den hinteren vier Achteln, die ein bisschen deplatziert wirken. Das gleiche machen in der zweiten Hälfte der Strophe die Backgroundsänger, allerdings klingt es da wesentlich besser. Die Bridge lockert harmonisch ganz nett auf

melodischer und mündet schließlich in den (wie so oft) brillanten Refrain. Auch hier steht der Wechsel zwischen Sänger und Chor im Vordergrund. Auch eine gewisse sprachliche Vielfalt wird durch kurze lateinische Einwüfe gewährleistet, durchaus ungewöhnlich für die Barden. Dieser gewiss sehr pfiffig geschriebene Refrain ist gewiss das Highlight des Stückes, denn das restliche Lied liefert von hier an weitgehend Bekanntes. Dazu gesellen sich noch zwei Soli, wovon ei-

und der Hörer wird mit Double Base und Doppelschlag in der Gitarre zugeballert.

Im Refrain schließlich wird man mit Glocken überrascht und der Gesamtklang wird heller, da die Double Base überwiegend durch die Hi-Hat abgelöst wird und der Bass zurückgefahren wird. Allerdings ist der Chor gegen die Instrumentation noch immer zu schwach.

Das Gitarrensolo ist mal wieder melodisch ziemlich einfallslos. Die

nes etwas behäbig daherkommt, das zweite hingegen bügelt diesen leichten Fehltritt etwas aus. Ansonsten bleibt das Tempo sehr hoch, der gesangliche Wechsel spaßig.

Schließlich mündet das Lied in ein sehr schönes, kurzes Outro, welches den Hörer mit einem wohligen Gefühl zurücklässt. Es ist ein sehr solider und überzeugender Einstieg in eine, und so viel sei vorweg verraten, sehr gelungene zweite Hälfte.

zweite Bridge ist anders gebaut als die erste und beschränkt sich auf andalusische Kadenzen, ist dabei aber auch sehr basslastig.

Im abschließenden Outro werden die bereits bekannten Motive noch einmal in einen neuen harmonischen Kontext eingebettet, was leider nicht so gut umgesetzt ist wie in anderen Stücken, die ähnliches versuchen. Das instrumentale Nachspiel endet zu abrupt.

The Throne

MARC: Nach diesem sehr überzeugenden Einstand folgt nun das stärkste Lied der zweiten Hälfte und

sehr wahrscheinlich auch des gesamten Albums. Das Rezept hierfür lässt sich in etwa so zusammenfas-

sen: Man nehme die Epicness und den Bombast von *At The Edge of Time*, kombiniere es mit dem Flow

von *Ashes of Eternity* für füge dazu den wohl stärksten Refrain des Albums hinzu und man hat eine grobe Vorstellung, was einen erwartet.

Der aufmerksame Hörer wird gleich zu Beginn von einem geradezu epischen Intro begrüßt. Das Orchester vermag es sofort, zu fesseln, und gibt diesen Kelch (oder Gral?) der Aufmerksamkeit an Hansis Gesang weiter, welcher eine wahrlich beeindruckende Leistung in diesem Stück abliefert. Nach einer kurzen, leicht stampfenden Passage geht der Song durch eine etwas seltsame Bridge sehr zeitig in den Refrain über. Und eben jener Refrain schickt sich tatsächlich an, alle

FLORIAN: Hier haben wir ein hervorragendes Intro, mit filigraner Perkussion und einem herrlichen Zusammenspiel von Band und Orchester. Auch der anschließende Gesangsteil, der sehr galant zwischen Mehr- und einstimmigen Passagen variiert, ist ganz nett gestaltet; das Orchester ist gut eingesetzt und harmonisch hat der Teil einige Raffinessen zu bieten, etwa unvermittelte Rückungen in die Dur-Dominante.

Der Refrain ist satztechnisch gut gelöst, allerdings harmonisch einfalllos; ein simples 4-Chord-Schema in f-Moll. Trotzdem gelingt es, eine dramatische Atmosphäre zu

vorherigen in den Schatten stellen zu wollen. Dieses „Determination“ bleibt sofort im Kopf hängen und wird einen wird einen noch längere Zeit als Ohrwurm verfolgen.

Fortan könnte man sich gewiss seitenweise über kleine Passagen und Details auslassen, denn das Lied setzt Highlight an Highlight und man geht so verschwenderisch und spendabel mit großartigen Ideen um wie zuletzt 2001 im *Opera*-Album. Fast so genial wie bei *At the Edge of Time* verknüpft das Lied auch das Orchester mit dem restlichen Stück, was das Gesamtbild massiv aufwertet. Vor allem gelingt es so auch, den stellenweise etwas

schaffen.

Im Intro zur zweiten Strophe ist der Schlagzeuger erneut zu loben, der anders als im ersten Intro, aber dennoch virtuos begleitet. Die nächsten Passagen sind schwerlich in das Strophen-Bridge-Refrain-Schema zu fassen, da sie statt einer zweiten Strophe etwas Neues machen. Hier sind insbesondere die Streicher hervorzuheben, die, verglichen mit anderen Stücken des Albums, klar zu hören sind und schöne Verzierungen bieten. Das daran anschließende Gitarrensolo ist auch sehr erfreulich; hier sind ein paar nette Leittonspielereien eingebaut. Die anknüpfende kurze

eintönigen Gitarrensoli durch Streicher zu einem wahren Hörgenuss zu verhelfen.

In der ersten Hälfte angedeutete Themen werden in der zweiten Hälfte geschickt ausgebaut und intensiviert. Über die komplette Spielzeit ist das Werk großartig konzipiert und geschrieben und zweifellos ein Maßstab, an dem sich zukünftige, ähnlich orchestrale Lieder der Band messen müssen. Am Schluss variiert man noch einmal sehr geschickt den Refrain, bevor es mit einem vielleicht etwas zu kurzen und wenig wuchtigen Schluss endet.

Bridge hat harmonisch das schöne D-tG-Konzept, was nette Halbtongeschichten in Chor und Orchester mit sich bringt. Nach dem nächsten Refrain finden wir ein sehr langes Gitarrensolo, was zunächst mit einer ganz seltsamen rhythmischen Erfindung beginnt, der man irgendwie nichts Ernsthaftes abgewinnen kann. Die späteren Läufe korrigieren das zwar ein wenig, aber im Gesamten ist das Solo für den vorgegebenen Fundus an Ideen zu lang gestreckt.

Im Gesamten vermittelt das Stück jedoch eine recht einheitliche – dramatische – Atmosphäre und ist in sich geschlossen.

Sacred Mind

MARC: *Sacred Minds* ist sehr komisch. Dies war zumindest alles, was ich einige Zeit ausschließlich über das Lied sagen konnte. Nach mehreren Durchläufen gefiel das Stück jedoch mehr und mehr. Doch von Anfang an: Nach dem Bombast des *Thrones* beginnt das Lied sehr ruhig, sehr atmosphärisch. Es wiegt einen in der Erwartung, eine ruhige, eventuell etwas düstere Ballade zu hören. Doch langsam scheint das Lied zu beschleunigen. Wo mag es hin wollen?

Und plötzlich mit dem Ausruf „Fire!“ scheint es förmlich zu ex-

plodieren und wir befinden uns von jetzt auf gleich in dem mit Abstand schnellsten Song des Albums. Mit einem Schlag scheinen wir eine Zeitreise zu machen und man hat das Gefühl eine Speedmetalwerk aus den frühen 90er zu hören. Das konstant hohe Tempo geht jedoch leider auch mit einem gewissen Mangel an Innovation einher.

Auch der Refrain kann bei weitem nicht so fesseln wie die restlichen des Albums. Man hat wohl versucht, den langgezogenen Gesang möglichst homogen in die musikalische Umgebung einzubetten, wo-

durch ihm irgendwie das Herausstechende verloren geht. Faszinierend ist hingegen der Gesang in diesem Lied. Ähnlich wie bei *Noldor (Dead Winter Reigns)* schöpft er viel eindringlicher aus seinem Stimmvolumen und geht auch in für ihn ungewöhnliche Frequenzen – großartig! Schließlich mündet das Lied in ein erneut sehr klassisches und druckvolles Outro. Insgesamt ein für das Album sehr untypisches Stück, an welches man sich nach einigen Durchläufen aber sehr gut gewöhnen kann.

FLORIAN: Das leider viel zu kurze Intro fängt sehr gut an; die Gitarre liefert einige rhythmisch sehr präzise und akustisch sehr schön in die Tiefen gemischte Achtel. Wir müssen den darauffolgenden Gesangsteil aus gegebenen Gründen als Vorgeplänkel statt als Strophe bezeichnen. Er ist jedoch sehr schön: Netter Wechselgesang, der bewusst und hier ganz gut passend monoton konzipiert ist, darüber eine gut überlegte Gitarre.

Doch plötzlich wird „Fire!“ geschrien und das Lied bekommt einen unerwarteten level-up – oder besser level-down, denn erstens fehlt ein sinnvoller Übergang und zweitens funktioniert die oben so gepriesene Monotonie in Verbindung mit

der nun gegebenen Härte nicht mehr so wirklich. Aber der Reihe nach: Nach einigen gescreeinten Sätzen sind wir im das gesamte Restlied dominierenden $\frac{3}{8}$ -Takt angekommen. In der Strophe dann finden sich verschiedene Gesangsmöglichkeiten: Clean-Gesang, Screaming und mystisches Geflüstere – und man möchte sich schon fast wieder mit dem Lied anfreunden und ihm seinen unvermittelten Bruch verzeihen. Doch der anschließende Refrain ist enttäuschend. Die Monotonie der ruhigen Anfangspassage wird aufgegriffen und soll nun als motivische Grundlage für einen harten Refrain dienen – das muss ja schiefgehen. Insbesondere der Backgroundgesang ist nicht gut eingesetzt.

Miracle Machine

MARC: Kann man beim vorherigen Stück sehr leicht geteilter Meinung sein, so ist die Qualität von *Miracle Machine* wohl ziemlich unstrittig. Die Ballade beginnt mit einem sehr exponierten Sänger. Bei aller Komplexität und Opulenz der bisherigen Stücke mag man gerne die Brillanz der einzelnen Künstler, insbesondere die des Sängers übersehen bzw. überhören. Diese kommen nun jedoch perfekt zur Gel-

tung, so reduziert dieses Lied konzipiert ist.

Hier ein Klavier, dort ein einsames Cello. Alles greift hübsch ineinander und ist wahrlich traumhaft konzipiert. Der Refrain kommt leider etwas plötzlich und ist ein wenig zu druckvoll. Hier wäre weniger mehr gewesen. Doch dies ist auch der einzige Fauxpas dieser ansonsten nahezu perfekten Ballade.

Damit man sich auch nicht in

FLORIAN: Okay, hier ist die absolute Krönung des Albums. Mit sehr einfachen Mitteln – insgesamt Streicher, Klavier und Gesang – wird ein absolut kohärentes und tiefgründiges Lied gebaut. Das Stück beginnt ohne Intro direkt mit Gesang, erst a posteriori durch ein Klavier gestützt. Die Harmonien sind auch allerliebste, etwa der unerwartete E-Dur-Klang. Subdominant in Dur? Oder Zwischendominant zur Dominantparallele A-Dur? Es folgt die Tonikaparallele D-Dur, die freilich nun zunächst subdominantisch wahrgenommen wird, und in der Melodie vernimmt man alsdann bereits ein g, was unser gis aus E-Dur relativiert. Schließlich die Rückung nach Cis-Dur, die Hauptstimme steht auf der Sept, man erwartet fis-Moll ... okay, ich schweife ab. Je-

denfalls ist es harmonisch sehr gut gelöst.

Der Einsatz der Backgroundsänger auf besagtem Cis-Dur Akkord mit „They will return“ ist auch sehr erfreulich und die Klavierbegleitung hält einige Spielereien versteckt, die man erst nach mehrmaligem Hören alle mitbekommt. Der Wechselgang zwischen Hansi und Backgroundgesang wurde zwar auf diesem Album schön öfters gepriesen, ist aber auch hier sehr elegant.

Der Refrain erreicht seine Schärfe im Rahmen dieser balladesken Konzeption durch ein grandios geführtes Cello in Verbindung mit einer perkussiv gesetzten Klavierpassage im staccato. Die Cello-Stimme ist hierbei genial. Gegenbewegungen, Wohlgeformtheit und Eigenständigkeit – also kurz alles, was man von

In der zweiten Strophe ist die Mehrstimmigkeit auf den mehrfachen „Try to remember me!“ zu loben, die dem ganzen wieder eine ganz erfrischende Note verleiht.

Nach dem zweiten Refrain folgt wieder ein etwas denkwürdiges Gitarrensolo; hier wurde der Gitarrist vermutlich ein bisschen zu sehr vom shuffle des $\frac{3}{8}$ mitgerissen und hat infolgedessen einige rhythmische Anwandlungen, die er an Jazz erinnern. Prinzipiell ja eine gute Idee, nur hier doch ein wenig unvermittelt. Im mal wieder etwas abrupten Outro muss man dann schließlich zu dem Schluss kommen, dass wohl irgendetwas zerstört wird.

Wiederholungen verliert, endet das Stück auch nach nicht mal vier Minuten mit einem geschickten etwas offenen Ende, welches eine wunderbare Vorlage für das folgende (fast) finale Epos des Albums. Alles in allem eine sehr schöne Ballade, welche sich nicht hinter den Klassikern der Band in diesem Segment verstecken muss, wodurch sie mehr erreicht als nur der Funktion des Luftholens vor dem Sprunge zu erfüllen.

einem kontrapunktisch korrekt gesetzten Bass erwarten würde.

Die zweite Strophe weicht im ersten Teil melodisch von der ersten Strophe ab, trifft diese aber bei „They don’t belong here [...]“ wieder. Hervorzuheben sind in diesem ersten Teil die neuen melodischen Erfindungen bei den oben genannten Harmoniewechseln nach E-Dur und Cis-Dur; hier bei „[...] and then we [...]“ und „[...] from the inside [...]“.

Einziges Manko: Nach dem zweiten Refrain endet das Lied nach nur drei Minuten viel zu abrupt; es wird eine dritte Strophe angedeutet, die wie die erste Anfangen soll, dann jedoch wird einfach auf h-Moll verweilt. Das ist etwas schade.

Grand Parade

MARC: Das geradezu perfekte Ende von *Miracle Machine* erlaubt nun einen wahrlich epischen Beginn der *Grand Parade*. Ein letztes Mal schöpft das Album aus den Vollen mit dem Ziel, ein glorreiches Ende darzubieten. Das Orchester scheint einen mit diesem wuchtigen beinahe zu erschlagen, bevor es schnell auch wieder ruhiger wird.

Die Dynamik des Liedes kann ähnlich wie bei *At the Edge of Time* überzeugen. Sehr harmonisch wird das Lied lauter und leiser ohne zu irgendeinem Zeitpunkt seinen individuellen Charme, seine Größe zu verlieren. Auch wenn das Orchester nun etwas mehr im Vordergrund steht, haben wir auch hier erneut eine überzeugende Symbiose aus Gesang, Band und eben jenen klassischen Elementen. Dies mündet schließlich sehr fließend in den grandiosen Refrain, welcher an Klarheit und Größe nur schwer zu überbieten ist.

Es folgt eine schöne Instrumentalpassage, nach welcher der Sän-

FLORIAN: Noch so ein Highlight auf dem Album. Das Intro ist furchtbar atmosphärisch, kreischende Gitarren und dramatische Harmonien sind eine gute Kombination.

Zur ersten Strophe empfängt uns ein freundlicher $\frac{3}{4}$ -Takt, der sich meiner Meinung nach jedoch zu früh steigert. Prinzipiell ist es ja nicht verkehrt, wenn man musikalisch so viel zu bieten hat, dass die Bridge bereits die Qualität eines Refrains hat, allerdings ist der Zuhörer nun doch sehr verwirrt und fragt sich, wieso man bei einem Stück, was doch in den ersten Takten den Anspruch zu erheben scheint, auf Epik angelegt zu sein, so früh zum vermeintlichen Höhepunkt kommt. Jedenfalls ist bereits die Bridge ziemlich gut: Sie ist hymnisch angelegt und die Streicher haben mal wieder eine herausgehobene Funktion im staccato.

Aber jetzt kommt der richtige Refrain! Und der hat es in sich: Er ist langsam gebaut und schafft das, was

ger wieder nahtlos übernimmt. Alles greift wunderbar ineinander und vor allem im mittleren Teil experimentieren sie sehr stark mit dem Orchester. Zahlreiche schöne Variationen und Ideen bereichern das musikalische Spektrum des Liedes, ohne dass es an Atmosphäre einbüßt. Besonders hervorzuheben ist, dass Hansi endlich auch einmal zeigt, dass er mit seiner Stimme immer noch beachtlich hoch kommt, denn im gesamten Album hat er sich im Vergleich doch sehr zurück gehalten, was diesen Aspekt betrifft.

Neben der musikalischen Präsenz fasst das Lied noch einmal sehr schön die Handlung und ihre Folgen zusammen. Selbst Hörer, welche sich wenig mit den Texten auseinander gesetzt haben, sollten spüren, dass man soeben ein umfangreiches, dramatisches Epos erlebt hat. In der zweiten Hälfte vermag das Stück noch einmal ein Schippe drauf zu legen. Denn anstatt plump alte Melodien zu wiederholen und so die Spielzeit zu strecken, wie es

The Holy Grail nicht geschafft hat: Durch epische Akkorde zu entzerren und zu verlangsamen. Gegenklänge und andere Feinheiten werden hier dem Hörer aufgetischt.

Nun wird es wieder ein bisschen problematisch, die Folgeteile korrekt zu ordnen, man verzeihe mir hier eine recht improvisierte Benennung: Der Teil unmittelbar nach dem Refrain macht etwas ganz anderes: Er ist fröhlich, klanglich deutlich überschaubarer und bringt dem Hörer ganz andere Harmonien. Leider leidet da die melodische Erfindung ein wenig.

Der Folgeteil hingegen ist grandios. Viele Komponisten scheitern an dem Versuch, nach einem opulenten Höhepunkt ein glaubwürdiges retardierendes Moment zu schreiben. Und genau das ist Blind Guardian ganz hervorragend gelungen. Streicher im Viertel-4 Achtel-Motiv und ein zurückhaltendes Schlagzeug in Verbindung mit atmosphärisch gut eingepassten Gesang funktionie-

im neuesten *Nightwish*-Album nur zu gerne praktiziert wird, zieht man das Tempo deutlich an. Neue Motive kommen hinzu, gelegentlich wird Bekanntes variiert. Ein letztes Mal ertönt der Refrain und schließlich baut sich das Lied noch einmal auf.

Ein letztes Mal hört man den Chor in seiner ganzen Pracht: „No more lies! No more lies!“, ruft er. Ein großes, optimistisches Ende entsteht. Doch schließlich im letzten Augenblick, auf der letzten Note variiert der Text: „One more lie!“. Wie ist das zu verstehen? Wurde der Konflikt doch nicht gelöst? Wie mag es weitergehen? Hansi bestätigte bereits, dass das folgende Album die Handlung fortführen wird. Doch für den ersten Handlungsbogen ist *Grand Parade* gewiss ein nahezu perfekter Abschluss, der nur ganz knapp an Lieder wie *At the Edge of Time* oder *The Throne* zurückfällt. Ein würdiger Schluss des regulären Albums.

ren sehr gut. Auch der Backgroundgesang auf „[...] the other one [...]“ ist schön. Dieser Teil wird nun wesentlich besser, als es in der ersten Strophe der Fall war, gesteigert. Die melodische Umsetzung der vielschichtigen Harmonien ist exzellent. Auch die Streicher ziehen mit und setzen ein wahres Staccato-Feuerwerk darüber.

Nach dem zweiten Refrain folgt ein ganz vernünftiges Gitarrensolo, dass die gegebene Harmonik aufgreift und ganz passabel in Halbtonspielerei umsetzt. Allerdings haben wir hier wieder das übliche Problem, dass gegen Ende aufgrund von mangelnden Ideen Motive wiederholt werden; acht Takte weniger hätten dem Solo ganz gut getan.

Das gepriesene retardierende Moment wird nun noch einmal kurz aufgegriffen, allerdings zunächst mit noch weniger Schlagzeug, was den Effekt hat, dass diese Konzeption durch trotz Wiederholung interessant bleibt. Der Gitarreneinsatz, der

zu Heftigerem überleiten soll, ist gut gesetzt.

Allerdings verebbt der Ideenreichtum des Anfangs und die plumpe Aneinandersetzung bereits erwähnter Passagen, die für sich ge-

nommen ja doch recht elegant sind, verlängert das Lied gegen Ende einfach unnötig auf seine 9:30.

Spannend wird nun erst wieder das Outro mit seinen perkussiven „No more lies!“ auf (2-3-1)

Schön auch die hohen Blechbläser, sind das Barocktrompeten? Jedenfalls wird ein herrliches episches Ende gebaut.

Doom

MARC: Als Bonusong für alle Käufer der Earbook-Edition bietet das Album ein weiteres exklusives Lied: *Doom*. Und wie es für ein so häufig der Fall ist, wenn ein Lied einem Großteil der Käuferschaft vorenthalten wird, geschieht das nicht ganz ohne Grund. Denn auch wenn es sich bei *Doom* gewiss nicht um einen schlechten Song handelt, so fällt er doch im Vergleich zum restlichen Album qualitativ etwas ab.

Dabei fängt er extrem stimmungsvoll an. Die bedrohliche Gitarre bedeutet dem Hörer, dass der

Titel des Liedes wahrlich angemessen ist. Auch Hansis einsetzender Gesang unterstützt dieses düstere zusätzlich. Doch dann schleichen sich schon die ersten Probleme ein. Ähnlich wie *Twilight of the Gods* wirkt das Lied über weite Strecken sehr beliebig und unkoordiniert. Im besten Fall sorgt dies für die erwähnte düstere und (im positiven Sinne) verstörende Stimmungslage. Besonders die hin und wieder ertörenden Glocken passen perfekt in das morbide Konzept. Im schlechtesten Falle sorgt ein enttäuschend

belangloser Refrain fast schon für Langeweile und irgendwie fehlt diese Perfektion, welche sich im restlichen Album bemerkbar machte.

Zudem endet das Lied vollkommen unvermittelt. Doch man soll mich gewiss nicht falsch verstehen. Ich mag das Lied; es macht Spaß und im Gegensatz zum *Ensiferum*-Album vom letzten Monat höre ich es auch immer brav mit. Doch wenn man sich überlegt, ausschließlich wegen dieses Bonusongs das teure Earbook zu kaufen, so würde ich davon abraten.

FLORIAN: Naja, nach *Grand Parade* muss nun eine Enttäuschung kommen. Nach dem beschriebenen epischen Ende will man eigentlich in Frieden sterben anstatt mit einer Ganztonskala behelligt zu werden. Aber genau das passiert nun. Versuchen wir jedoch im Folgenden, *Doom* unabhängig von seinen Vorgängern zu beurteilen, um ihm anzustreben gerecht zu werden.

Der Anfang ist im Prinzip okay, auch wenn die Stimme zu früh einsetzt. Die Strophe weist einige interessante Harmonien auf und das Ganztongeplänkel am Klavier ist

sehr erquicklich. Die Powerchords der Gitarre in der Mitte der Strophe stören jedoch ein wenig.

Die Bridge hat den Nachteil, dass sie versucht, die interessanten Harmonien der Strophe mit der konzipierten Härte des geplanten Refrains zu kombinieren, was prinzipiell immer problematisch ist, wenn man nicht ausreichend durch weiche Instrumente zusatzkompensiert. Und eben das wurde versäumt.

Das „We will remember“ im Refrain hat durchaus seinen Erinnerungswert, allerdings wird es zu oft ohne Variation eingesetzt. Ins-

gesamt ist der Refrain sehr unzusammenhängend gebaut. Die zweite Strophe hingegen birgt einige erfreuliche, etwa einige sehr hohe und gut gemeisterte Gesangspassagen von Hansi und ein paar Glocken.

Die übrigen Teile sind ähnlich gelöst, dem Gitarrensolo nach dem 2. Refrain fehlen mal wieder die melodischen Ideen. Im Outro verstecken sich abschließend noch ein paar ganz nette Bassläufe und -zwischengeplänkel.

Fazit

MARC: Nach diesem vielleicht etwas schwachen Abgang lohnt sich jedoch noch einmal ein Blick zurück. Hat sich für Fans der Band die lange Wartezeit gelohnt? Ist das neue Album auch für jemanden geeignet, welcher bisher noch die was von der Band gehört hat? Beide Fragen lassen sich mit einem eindeutigen „Ja!“ beantworten. Denn

auch wenn an der ein oder anderen Stelle viel Detailkritik geübt wurde, so ist diese doch auf einem sehr hohen Niveau angesiedelt und soll nicht über die allgemein sehr überzeugende Darbietung hinwegtäuschen. Die Krefelder veröffentlichten mit *Beyond the Red Mirror* das beste Album seit *Nightfall in Middle-Earth* und das erschien

1998. Wem die letzten Album nicht so zusagen: Reinhören! Wer von der Band bisher noch nicht gehört hat: Reinhören! Und allen anderen: Ebenfalls reinhören! Ich kann das Album jedem nur an Herz legen. Es ist eine wahrlich lohnende Erfahrung.

FLORIAN: Nach diesem Werbeblock kommt von mir nun ein etwas zurückhaltenderes Fazit, was aber ebenfalls prinzipiell positiv ausfällt. Das Album hat viele Höhepunkte und die Zusammenarbeit mit dem Orchester ist hervorragend. Auch der Gesang und die vokalen Arrangements sind sehr hörenswert.

Und auch wenn ich an einigen Stellen Einfallslosigkeit kritisiert habe, so ist diese wohldosiert und für den Gesamteindruck des Albums ja durchaus hilfreich – wer eine Stunde durchgehende Komplexität möchte, der greife lieber zu *Dream Theater* oder ähnlichem.

Und dennoch: Man kommt durch-

aus auf seine Kosten, wenn man musikalische Kunstgriffe sucht; und man muss sich dafür gar nicht so sehr anstrengen. Wer also gern eine solide und kreative Mischung aus Härte, Sinfonik, Konzeptionalität und Vokalität genießt, ist mit diesem Album sicherlich gut beraten.

LEBEN

Der Gnom im Kühlschrank

Eine Parabel

VON JANNIK BUHR



Foto: Jannik Buhr

Vor einiger Zeit war es mal wieder passiert. Ich hatte wohl bei der Installation eines Stückes Software eine Checkbox übersehen und mir eine dieser berüchtigten „searchbars“ eingefangen. Es fing an mit einer kleinen Suchleiste in der Ecke meines Browsers, die sich allerdings aus irgend einem mir unbekanntem Grund nach Entfernen in ein ausgewachsenes Werbemonster verwandelte, das mir auf sämtlichen Webseiten die Sicht raubte. Der nun folgende Kampf mit allerlei Anti-Viren- und Anti-Adware-Software glich einem Gemetzel, bei dem ich bis in die Untiefen meiner Computer-Registry vorstoßen musste. Begleitet mich in der folgenden Kurzgeschichte auf diese kleine Reise, verpackt in eine leserlich ansprechende Form.

„Bing“ macht es und die Türe des Aufzugs öffnet sich. Gerade war ich aus dem Keller hochgefahren, um meine Wohnung zu betreten. Alles wirkt normal, doch ich verspüre ein leichtes Unwohlsein, das ich nicht genau lokalisieren kann. Aus der Küche strömt ein süßlicher, merk-

würdig verführender Geruch. Das Aroma scheint zu künstlich, als hätte jemand, der in seinem ganzen Leben nur Bilder von Früchten gesehen hatte, versucht, den Duft von frisch gepflückten Erdbeeren mit einem *Cosmos*-Chemiebaukasten zu kreieren. „Das muss ich mir näher ansehen“, denke ich.

Durch das Wohnzimmer, in dem merkwürdigerweise mein Schreibtisch steht, komme ich an den Ort des Problems. Aus dem Kühlschrank strömt grünlich gelber Rauch. Ich öffne die Kühlschranktür und springe sofort wie eine Katze zurück, wie eine sehr dicke und sehr tapsige Katze, denn der diffuse Nebel verwirrt mir die Sinne. Während sich die Sicht langsam bessert, erkenne ich einen kleinen grünen Gnom, der zwischen dem Brokkoli und den Tomaten kauert. Als dieser bemerkt, dass er beobachtet wird, hüpfte er auf und ab und ruft laut „Wolle Rose kaufen?!“. Ich verneine, knalle ihm eine rote Pappschachtel mit der Aufschrift „Stopp!“ über den Kopf und schließe hektisch die Tür.

Nach einigem Zögern wage ich es schließlich, die selbige wieder zu öffnen, vorsichtshalber habe ich auch meinen Wachhund *Awau* gerufen. *Awau* (Den Namen hatte er sich selbst verliehen) bellt einmal kurz und der Gnom verpufft in einer Rauchwolke. Zufrieden suche ich Töpfe und Pfannen zusammen um Abendessen zu kochen doch als ich erneut in den Kühlschrank schaue sitzt der kleine Zwerg wieder an seinem gewohnten Platz, die Pappschachtel hatte er unterdessen wohl verzehrt. „Dieser Gnom wird Ihnen von *Free Gnome Supplies* zur Verfügung gestellt!“, freut er sich. Ich hingegen freue mich nicht und rufe wieder meinen treuen Wachhund, sein Bellen bringt den Gnom zwar erneut zum Verpuffen, beim nächsten Öffnen grinst er mir jedoch wieder entgegen. Ich hebe ihn kurz an – er fühlt sich an, wie eine Erdbeere, nur in grün – und inspiziere den Brokkoli. Grün ist der zwar auch aber ansonsten kann ich nichts Besorgniserregendes entdecken. „Such!“ befehle ich *Awau*, dieser schnüffelt den gesamten Kühlschrank und den Rest

der Wohnung ab, behauptet aber steif und fest, nichts Außergewöhnliches gefunden zu haben.

„Gut, mir reicht’s!“ mache ich meinem Ärger Luft und greife zum Telefonbuch, das in der Innentür des Kühlschranks hängt. Der kleine grüne Giftzwerg keift mir dabei in die Ohren, doch ich ignoriere ihn, was ihn umso wütender zu machen scheint. Bald hängt er mir blinkende Lichterketten um, kreischt in sein Megaphon und projiziert Werbebotschaften auf alle Wände des Kühlschranks, kaum auszuhalten ist es. Mit Mühe und Not finde ich die Nummer eines Kammerjägers und bestelle ihn gleich her. Nach seiner Ankunft behauptet er jedoch, er habe da noch etwas vergessen und sei ohnehin, was Gnome betrifft, nicht ganz up-to-date; ich könne ihm aber schon mal einen Kaffee kochen wäh-

rend er das regele. Drei Kannen später steht er schließlich vor dem Kühlschrank und sieht ziemlich geschäftig aus. Nach wenigen Stunden verkündet er siegreich, er habe das Problem gefunden, wolle es aber nicht beheben, was mich natürlich fuchsteufelswild macht. Die Worte, die ich ihm beim Rausschmiss hinterherbrülle, bleiben lieber unaufgeschrieben und stattdessen erzähle ich euch lieber von meinem weiteren Vorgehen.

Der zweite Kammerjäger auf der Liste kommt mit einem rot gefiederten Papagei auf der Schulter an, steigt mit einem Säbel bewaffnet in meinen Kühlschrank und behauptet bei seiner Rückkehr, eine Vielzahl an Problemen behoben zu haben. Als ich jedoch selbst hineinschaue kreischen mir ein roter Papagei und ein grüner Gnom entgegen, was ich

zu kaufen habe, und der Brokkoli ist auch halb angegessen, vom Kammerjäger keine Spur.

Da alles nicht zu helfen scheint, frage ich einen großen Magier um Rat, der mir eine andere Wache empfiehlt. Aktuell leben in meiner Wohnung also sowohl der Hund *Awau* als auch die Katze *Amira*. Das kleine Fellknäul findet auch auf Anhieb beim Rumtollen in meiner guten Stube einige Mäuse und Staubansammlungen, was jedoch nicht gegen die beiden Kühlschrankbewohner hilft. Die einzige Kur war letzten Endes nur, den Kühlschrank komplett auszuräumen, den alten wegzuschmeißen und einen neuen zu besorgen. Gut, dass solche digitalen Kühlschränke zum kostenlosen Download zur Verfügung stehen.

KREATIV

„... schlug den Boten um des Brotes Willen tot.“

Ein Orchesterarrangement von Tilman Luckes *toten Boten*

VON FLORIAN KRANHOLD

Wer schon einmal auf einer CdE-Akademie gewesen ist, kennt in der Regel den *toten Boten* des Kabarettisten und CdE-Mitglieds TILMAN LUCKE (tilmanlucke.de). Das Lied aus dem Jahre 2004, was den armen Mann besingt, der ein Brot mit der Post seiner Angebeteten zum Geburtstag verschicken möchte und dem dabei so viel dazwischenkommt, dass er am Ende den Postboten, als sich dieser weigert, das Brot zu verschicken, in einem Anfall von Verzweiflung kurzerhand erschlägt – dieses Lied ist zu einer Art „inoffiziellen CdE-Hymne“ geworden.

Für die diesjährige MayAkademie, die zeitlich etwas verschobene PfingstAkademie, bat mich LUDGER SANDIG (lsandig.org), einen Orchestersatz zu diesem Lied zu verfassen, damit das Akademieorchester unter seiner Leitung es einstudieren und beim obligatorischen bunten Abend zum Besten geben konnte.

So kam es, dass ich mir für dieses musikalisch im Prinzip gar nicht so komplexe Stück ein paar lustige Orchesterstimmen überlegt habe und das Arrangement geschrieben habe. Es wurde dann auch tatsächlich wie geplant aufgeführt.

Ein paar der Noten finden sich wie immer rechts abgedruckt; die vollständige Version gibt es kostenlos auf fkranhhold.de.

The image shows a musical score for an orchestral arrangement of 'toten Boten'. The score is written for a full orchestra and includes the following parts: Flute (Fl.), Bassoon (Fag.), Bassoon (Pos.), Piano (Klav.), Violin I (VI.1), Violin II (VI.2), and Violoncello (Vc.). The tempo is marked as quarter note = 100. The score is in common time (C) and features a key signature of one sharp (F#). The dynamics range from *mf* (mezzo-forte) to *pp* (pianissimo). The score is divided into two systems, with the first system covering measures 1-4 and the second system covering measures 5-8. The notation includes various rhythmic values, accidentals, and dynamic markings.

Abb. 5.1: Der Anfang des etwas überzogenen Mittelteils

Rätselecke

Dritter Teil

VON JANNIK BUHR

Wie versprochen, gibt es auch diesen Monat die Auflösung der letzten beiden Rätsel:

Zu Rätsel 3: Man fragt einen beliebigen Troll „Bist du der Wahr troll?“. Sagt er „Nein“, kann man sicher sein, dass es ein Wechsel troll ist, der die Wahrheit sagt und demnach beim nächsten Mal lügen wird. Die zweite Frage ist demnach „Wer ist nicht der Wahr troll?“, eine gelogene Antwort auf diese kann nur auf den Wahr troll verweisen. Sagt er „Ja“, ist es entweder der Wahr troll oder ein lügender Wechsel troll, beide werden auf die nächste Frage „Wer ist der Wahr troll?“ die Wahrheit sagen.

Zu Rätsel 4: Der zuerst gefragte Mensch zählt die Anzahl an roten Hüten vor sich. Ist sie gerade, sagt er „rot“, ist sie ungerade, sagt er „grün“. Mit dieser Information kann nun jeder die Hüte vor sich zählen und auf seinen eigenen Hut schließen (Menschen, die weiter vorne stehen, müssen natürlich darauf

achten, was die Personen hinter ihnen sagen). BEISPIEL: Ich sehe fünf rote Hüte vor mir, weiß aber durch die Aussagen meiner Hintermänner, dass die Anzahl der roten Hüte gerade sein muss. Ergo muss ich ebenfalls einen roten Hut tragen.

Rätsel 5: Blue Forehead Room

Blue Forehead Room ist eine beliebte Spielshow in einem unserer Paralleluniversen. Hierbei werden 100 perfekt logisch denkende Menschen in einen Raum geführt. Das Licht geht aus und freundliche Helfer betupfen jede Stirn mit einem Pinsel. Das Licht geht wieder an und nun haben einige (von 1 bis 100 ist alles möglich) der Spieler eine blaue Stirn (der Pinsel fühlt sich identisch an, egal ob Farbe daran ist oder nicht). Das Licht geht wieder aus und jeder, der sich im Klaren darüber ist, eine blaue Stirn zu haben, muss den Raum nun verlassen. Das Licht geht wieder an. Und wieder aus und wieder an und wieder aus

... das Spiel endet, wenn sich niemand mehr mit einer blauen Stirn im Raum befindet. Welche Methode verwenden diese Menschen für beliebige Zahlen an blauen Tupfern?

Rätsel 6: Stirnzahlen

In Rätsel 6 gibt es wieder etwas auf die Stirn, diesmal sind es Zahlen, Ganzzahlen im Übrigen. Du stehst mit zwei weiteren Personen in einem Dreieck so, dass Du deren Stirn, aber natürlich nicht die eigene sehen kannst. Ihr wisst Folgendes:

- (i) Eine der drei Zahlen ist die Summe der anderen beiden.
- (ii) Alle Zahlen sind unterschiedlich.

Du siehst die Zahlen deiner beiden Mitspieler, 20 und 30, und sagst: „Ich weiß nicht, welche Zahl ich habe.“. Nummer 20 sagt ebenfalls: „Ich habe auch keine Ahnung.“ Und 30 nickt nur: „Dito.“ Da wird Dir alles klar! Wie lautet Deine Zahl?

Ich wünsche wie immer viel Spaß beim Knobeln!