

# Wertvolle Fehler - The Right Kind of Wrong

Edmondson

2024

ISBN 978-3-8006-7431-2

Vahlen

schnell und portofrei erhältlich bei

[beck-shop.de](https://beck-shop.de)

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](https://beck-shop.de) steht für Kompetenz aus Tradition. Sie gründet auf über 250 Jahre juristische Fachbuch-Erfahrung durch die Verlage C.H.BECK und Franz Vahlen.

[beck-shop.de](https://beck-shop.de) hält Fachinformationen in allen gängigen Medienformaten bereit: über 12 Millionen Bücher, eBooks, Loseblattwerke, Zeitschriften, DVDs, Online-Datenbanken und Seminare. Besonders geschätzt wird [beck-shop.de](https://beck-shop.de) für sein

umfassendes Spezialsortiment im Bereich Recht, Steuern und Wirtschaft mit rund 700.000 lieferbaren Fachbuchtiteln.

genug sei, um die Flotte der Boing 737 weiter zu betreiben. Boeing erhielt sieben Monate Zeit, um das automatische Softwaresystem zu testen und zu überarbeiten. Boeing wurde zudem gebeten, die Piloten darüber zu informieren, wie sie mit der Störung umgehen sollen, falls sie erneut auftritt.

Problem gelöst?

Leider nein. Nur fünf Monate später, im März 2019, stürzte eine weitere 737 MAX aus genau demselben Grund ab. Ethiopian Airlines Flug 302 startete von Addis Abeba, der Hauptstadt Äthiopiens, und stürzte innerhalb weniger Minuten mit 900 Kilometern pro Stunde auf den Boden und zerbrach beim Aufprall.<sup>25</sup> Dieses Mal verhängte die FAA ein Flugverbot für die gesamte 737 MAX-Flotte.<sup>26</sup> Tiefgehende und umfassendere Untersuchungen sollten bald mehrere Ursachen für dieses komplexe Versagen finden. Sicherlich waren die Konstruktion und das neue Softwaresystem suboptimal – ein wichtiger Grund, um zu verstehen, wie es zu diesen Ausfällen kam. Wenn man jedoch genauer hinsieht, spielte die Unternehmenskultur von Boeing zusammen mit dem breiteren Branchenumfeld eine entscheidende Rolle bei diesen Fehlern, was es zu einem klassischen Fall von komplexem Scheitern macht.

Ich las diese Schlagzeilen im Jahr 2019 mit einem gewissen Gefühl der Vertrautheit. Meine akademische Laufbahn war dem Verständnis von vermeidbaren Fehlern in komplexen Organisationen gewidmet. Wie bei der Pistole, die auf dem Set von *Rust* fehlzündete, und der Sauerstoffflasche beim Tauchen, die nicht richtig eingestellt war, ist es verlockend, die beiden Abstürze auf Softwarefehler zurückzuführen, sodass schließlich die automatischen Sensoren nicht richtig funktionierten. Spezifische Ausfälle bei einer komplexen Technologie. Wenn man jedoch genauer hinsieht, erkennt man einige der üblichen Ursachen, die für komplexes Scheitern verantwortlich sind: mehrere Ursachen in einem einigermaßen vertrauten Umfeld, das ein falsches Sicherheitsgefühl vermittelt, übersehene Signale und die Komplexität in einem sich verändernden Geschäftsumfeld. Manchmal kann ich die Häufigkeit dieser wiederkehrenden Geschichten nicht ertragen. Meine Forschungen haben Aufschluss darüber gegeben, warum dies geschieht – ich habe die kognitiven, zwischenmenschlichen und organisatorischen Ursachen untersucht, die komplexe Fehler so schwerwiegend machen. Diese Vielzahl von Faktoren bedeutet auch, dass Sie viele Hebel in der Hand haben, mit denen Sie den ansonsten unaufhaltsamen Fluss des Scheiterns unterbrechen können. Das bedeutet, dass jeder von uns zum *Verhinderer* komplexer Fehler werden kann.

Der Silberstreif am Horizont eines jeden perfekten Sturms ist dieser: Jedes komplexe Scheitern birgt mehrere Möglichkeiten zur Prävention. Denken Sie an den verpassten Arzttermin: Sie hätten nur überprüfen müssen, ob Ihr We-

cker richtig gestellt oder der Tank Ihres Autos ausreichend voll ist. Eine einzige Maßnahme hätte das Scheitern verhindert.

140

Manchmal muss man Jahrzehnte zurückgehen, um die Ursprünge eines komplexen Scheiterns zu verstehen – und damit die vielen Möglichkeiten zur Prävention zu erkennen. Bei den Ursachen für die Abstürze der Boeing 737 MAX können wir auf einen bedeutenden Faktor im Jahr 1997 verweisen.<sup>27</sup> Das war das Jahr, in dem Boeing seinen wichtigsten amerikanischen Konkurrenten McDonnell Douglas für 13,3 Milliarden Dollar in Aktien übernahm – und damit Veränderungen in der Unternehmensführung (eine weitere Ursache) einleitete: weg von Boeings traditioneller Betonung des Ingenieurwesens (Wert auf Erfindingen und Präzision) hin zu McDonnell Douglas' traditioneller Betonung des Finanzwesens (Priorität auf Gewinne und Shareholder Value).<sup>28</sup> Vor der Übernahme kamen die Topmanager von Boeing in der Regel aus dem Ingenieurwesen und teilten mit den Boeing-Mitarbeitenden eine gemeinsame technische Sprache und Sensibilität.<sup>29</sup> Diese gemeinsame technische Sensibilität trug nicht zuletzt dazu bei, dass sich die Ingenieure im gesamten Unternehmen sicher genug fühlten, um beispielsweise Probleme mit der Geschwindigkeit, der Konstruktion, der Treibstoffeffizienz und insbesondere der Sicherheit eines Flugzeugs anzusprechen. Ingenieure und Führungskräfte konnten sich auch außerhalb der Arbeit informell austauschen, um neue Ideen oder Vorschläge zu diskutieren. Nach der Übernahme kamen immer mehr Führungskräfte aus dem Finanz- und Rechnungswesen. Die Journalistin Natasha Frost bezeichnete sie spöttisch als »Erbsenzähler«, weil ihnen das technische Verständnis für die Funktionsweise von Flugzeugen fehlte.<sup>30</sup> Verschärft wurde dieser Kulturwandel durch die Verlegung der Unternehmenszentrale von Seattle nach Chicago im Jahr 2001. Die leitenden Angestellten arbeiteten nun mehr als 3000 Kilometer entfernt von den Ingenieuren, welche die Flugzeuge entwarfen, was zu einer weiteren Entfremdung zwischen den beiden Gruppen führte.

Spulen wir vor in das Jahr 2010. Das war das Jahr, in dem Airbus, der größte europäische Konkurrent von Boeing, seinen neuen A320-Jet (vierter Grund) vorstellte, der aufgrund seiner verbesserten Treibstoffeffizienz ein deutlich kostengünstigeres Flugzeug versprach.<sup>31</sup> Die Unternehmensleitung von Boeing war fassungslos – Airbus hatte seinen neuen Jet unter größter Geheimhaltung entwickelt – und befürchtete zu recht, Boeing könnte treue Kunden verlieren. Sie sehen, wie die Szenerie für die folgende Katastrophe aufgebaut wurde. Bühne rechts: eine Kultur, welche die Ingenieure entmachtet und die Erbsenzähler ermächtigt. Bühne links: drohender Wettbewerb, die zu negativen finanziellen Folgen für die Aktionäre und damit zu einer Schädigung des Rufs führen könnte. Von hier an ist das Drehbuch auf irritierende Weise vorhersehbar.

Als Reaktion auf die unerwartete Bedrohung durch Airbus verzichteten die Boeing-Führungskräfte auf die teure und langwierige Forschung zur Entwicklung eines völlig neuen Modells und aktualisierten stattdessen ihre bestehenden Flugzeuge vom Typ 737.<sup>32</sup> Plötzlich war die Geschwindigkeit der Markteinführung das Wichtigste. Die Führungskräfte versprachen, dass die neue 737 MAX acht Prozent sparsamer sein würde als der neue Airbus.<sup>33</sup> Theoretisch war die Idee der Führungskräfte, ein bestehendes Design in einem einigermaßen vertrauten Umfeld anzupassen, eine umsichtige Nutzung von Ressourcen. In Wirklichkeit aber war die technische Herausforderung der Modifizierung der 737 beträchtlich. Um die neuen, treibstoffeffizienteren Triebwerke unterzubringen, mussten die Ingenieure die Triebwerke »weiter vorn und höher auf der Tragfläche« anbringen, was sich auf das Verhalten des Flugzeugs beim Steigflug in steilem Winkel auswirkte.<sup>34</sup> Um die neue Flugdynamik zu kompensieren, entwickelten die Ingenieure ein automatisches System zur Verhinderung von Überziehvorgängen, das MCAS.

Hier wurden die Konflikte zwischen den Boeing-Ingenieuren und der Geschäftsleitung zu einem folgenschweren Problem. Die Vorschriften der FAA verlangten von den Piloten ein Training am Flugsimulator, wenn sich die Konstruktion eines Flugzeugs erheblich von früheren Modellen unterschied. Solch ein Training war teuer, ein Problem für die Fluggesellschaften (die treuen Kunden), denn es nahm wertvolle Ressourcen (Piloten) aus dem regulären Flugverkehr. Um die Verordnung zu umgehen, entwickelten die Boeing-Manager eine clevere, wenn auch ethisch problematische Strategie, um die Konstruktionsunterschiede der 737 MAX herunterzuspielen.<sup>35</sup> Sie stellten die MCAS-Software und ihre Schwierigkeiten für die Piloten als gering dar. Im Pilotenhandbuch wurde das neue MCAS-System zur Vermeidung von Überziehvorgängen nicht erwähnt. Der leitende technische Pilot fühlte sich unter Druck gesetzt, eine Erklärung darüber abzugeben, dass ein Training im Flugsimulator unnötig sei.<sup>36</sup> Erst nach dem zweiten Absturz wurden frühere E-Mails zwischen Ingenieuren öffentlich, in denen Sicherheitsbedenken geäußert wurden. Ein Mitarbeitender hatte geschrieben: »Würdest du deine Familie in eine MAX setzen? ... Ich nicht.«<sup>37</sup> Ein anderer Ingenieur behauptete, dass die Manager die von ihm vorgeschlagenen Konstruktionsverbesserungen »wegen der Kosten und der möglichen Auswirkungen auf die Ausbildung der Piloten« abgelehnt hätten.<sup>38</sup> In einer klassischen Beschreibung der Atmosphäre in einem Unternehmen mit geringer psychologischer Sicherheit schrieb ein Ingenieur: »Es gibt eine unterdrückende kulturelle Haltung gegenüber Kritik an der Unternehmenspolitik – vor allem, wenn diese Kritik das Ergebnis tödlicher Unfälle ist.«<sup>39</sup>

Wie es in großen Unternehmen häufig der Fall ist, beschränkte sich eine

»unterdrückende kulturelle Haltung gegenüber Kritik an der Unternehmenspolitik« nicht auf diejenigen, die direkt mit den defekten Boeing 737 zu tun hatten. Intensive Untersuchungen nach den beiden tödlichen Abstürzen ergaben, dass die Mitarbeitenden des Werks in South Carolina, wo der Boeing 787 Dreamliner produziert wird, sich unter Druck gesetzt fühlten, einen übermäßig ehrgeizigen Produktionsplan einzuhalten. Sie hatten Angst, ihren Arbeitsplatz zu verlieren, wenn sie Qualitätsprobleme ansprachen.<sup>40</sup> Obwohl sie nicht in dem Werk arbeiteten, in dem die verunglückten Modelle der 737 hergestellt wurden, sind die Erfahrungen der Beschäftigten in South Carolina ein Paradebeispiel für die weit verbreitete Überzeugung, dass das Aussprechen von Bedenken eher Bestrafung als Anerkennung hervorrufen würde. Im Dezember 2019, etwas mehr als ein Jahr nach dem ersten Absturz der Lion-Air-Maschine, feuerte Boeing seinen CEO und stellte die Produktion der 737 MAX ein. Die Aktien des Unternehmens fielen, der Wert des Unternehmens sank. Schlimmer noch: Drei Jahre später klagte das US-Justizministerium Boeing wegen kriminellen Betrugs an, was das Unternehmen mehr als 2,5 Milliarden Dollar an Geldstrafen und Entschädigungen für die Opfer kostete.<sup>41</sup>

Es ist verlockend, angesichts der Tragödien der *Torrey Canyon* und der 737 MAX wütend zu werden. Aber bedenken Sie, dass man hinterher immer klüger ist. Wie man es besser machen kann, liegt erst im Nachhinein auf der Hand. Jeder von uns muss sich klarmachen, dass durch Ungewissheit und wechselseitige Abhängigkeit in fast allen Bereichen unseres heutigen Lebens komplexe Fehlschläge zunehmen. Die akademische Forschung kann uns helfen, die Gründe dafür zu verstehen. Sie kann uns, wie Sie sehen werden, auch dabei helfen, es besser zu machen. Wenn Sie erst einmal die auslösenden Faktoren und ihre Bedeutung für Ihr Unternehmen und Ihr Leben verstanden haben, mag es sich zunächst entmutigend anfühlen – aber in Wirklichkeit ist es ermutigend. Wenn man die Welt um sich herum *in ihrer Neigung dazu sieht, komplexe Fehler zu begünstigen*, ist man gut gerüstet, um eine ungewisse Zukunft zu meistern.

## KOMPLEXES SCHEITERN NIMMT ZU

Die offensichtlichste Ursache für komplexe Fehler in unserer modernen Welt ist die immer komplexer werdende Informationstechnologie, die jedem Aspekt des heutigen Lebens und Arbeitens zugrunde liegt. Fabriken, Lieferketten und Abläufe in vielen Branchen beruhen auf ausgeklügelten Computersteuerungen, bei denen eine kleine Panne in einem Teil des Systems außer Kontrolle geraten

kann. Vielleicht erinnern Sie sich noch an die Meldung des Kreditauskunftsunternehmens Equifax, als die Sozialversicherungsnummern, Adressen und Kreditkartennummern von fast 150 Millionen Amerikanern von der Softwareplattform des Unternehmens gestohlen worden wurden.<sup>42</sup> Laut der Aussage von CEO Richard Smith vor dem US-Kongress im Oktober 2017 ist »die Sicherheitslücke sowohl auf menschliches Versagen als auch auf technische Fehler zurückzuführen«. Die Hacker verschafften sich Anmeldedaten für drei Server, die den Zugang zu 48 weiteren Servern ermöglichten. Das komplexe Scheitern eskalierte, weil der Einbruch ins System 76 Tage lang unentdeckt blieb, was den Hackern reichlich Zeit gab, das System durchzustöbern und persönliche Daten sowie sensible Informationen über das Datendesign und die Infrastruktur von Equifax zu bekommen.<sup>43</sup>

143

Vielleicht haben Sie schon einmal wertvolle Informationen auf Ihrem Computer verloren, weil Sie es versäumten, eine Sicherungskopie Ihrer Daten zu erstellen, obwohl Sie wussten, dass dies wichtig war. Hoffentlich sind die Auswirkungen des Datenverlusts nicht so schlimm wie die Folgen, die ein walisischer Systemingenieur namens James Howells erlebt hat. Im Jahr 2013 warf er versehentlich eine Festplatte weg, die zu einem alten Computer gehörte (die Festplatte, die er herausgenommen hatte, nachdem eine verschüttete Limonade seinen Gaming-Laptop zerstört hatte).<sup>44</sup> Zu spät stellte er fest, dass er den privaten Schlüssel mit 64 Zeichen verloren hatte, der seine ehemalige bescheidene Bitcoin-Investition zugänglich machen konnte. Trotz seiner unermüdlichen Bemühungen um die Erlaubnis, seine kostbare Festplatte von der städtischen Müllabfuhr zurückzuerhalten, war er auch acht Jahre später nicht in der Lage, auf die halbe Milliarde Dollar, die seine Bitcoin-Investition nun wert war, zuzugreifen.

Die sozialen Medien haben Wirtschaft, Politik und Freundschaften verändert und den Ausspruch *viral gehen* weithin bekannt gemacht. Die globale Finanzindustrie vernetzt jede Bank und zahllose Haushalte in jedem Land und macht uns anfällig für menschliche Fehler, die am anderen Ende der Welt passieren. Wie meine Freundin, die Professorin für Strategie Rita McGrath von der Columbia University, erklärt, waren vor Jahren die meisten unserer Institutionen voneinander getrennt und damit von den Auswirkungen von Fehlern außerhalb ihrer Mauern abgeschirmt. Das ist nun vorbei. Die Digitalisierung riesiger Informationsmengen hat exponentiell zugenommen, während die Kosten für die Rechenleistung gesunken sind. Die Entwicklung intelligenter Systeme, die unabhängig voneinander kommunizieren, führte zu einer unendlichen Vielfalt potenzieller Fehler. Diese wechselseitige Abhängigkeit ist der Nährboden für komplexes Scheitern. Wie Rita es ausdrückt, »wird es viel

schwieriger vorherzusagen, was als Nächstes passieren wird, wenn Dinge, die früher getrennt waren, gegeneinanderstoßen (mit anderen Worten, wenn einst *komplizierte* Systeme nun *komplex* werden)«.45 Die IT schafft neue Anfälligkeiten, weil die Vernetzung die Auswirkungen kleinerer Fehler sofort vergrößert.

Das Coronavirus aus dem Jahr 2019, das im chinesischen Wuhan seinen Ursprung hatte und sich schnell in der ganzen Welt verbreitete, ist ein gutes Beispiel dafür, wie die globale Vernetzung komplexe Fehlschläge wahrscheinlicher macht. Betrachten Sie dieses kleine Beispiel. Anfang 2020, als die Nachfrage nach Schutzmasken plötzlich weltweit in die Höhe schnellte, begannen Fabriken in China, die Produktion hochzufahren, die Masken auf Frachtschiffe zu verladen und weltweit zu verschiffen. Infolgedessen stapelten sich die leeren Schiffscontainer in diesen weit entfernten Ländern genau dann, als China sie am dringendsten für den Export weiterer Masken benötigte.<sup>46</sup>

144

Die Ermittlung von Kontaktpersonen, das heißt der Versuch, die Ausbreitung des Virus zu begrenzen, indem man die Personen ausfindig macht, mit denen eine infizierte Person Kontakt hatte, um alle Beteiligten zu isolieren, beruht auf der Erkenntnis, dass es sich um ein komplexes Scheitern handelt. Jede infizierte oder exponierte Person ist potenziell eine von vielen Ursachen für das Scheitern, das eine laufende Pandemie darstellt. Meine Freunde Chris Clearfield und András Tilcsik haben ein Buch über komplexes Scheitern geschrieben und erklären darin, warum es zunimmt.<sup>47</sup> *Meltdown*, ihr fesselndes und manchmal erschreckendes Buch, beschreibt die »gemeinsame DNA von Atomunfällen, Twitter-Shitstorms, Ölverschmutzungen, Kursabstürzen an der Wall Street und sogar Verbrechen«. Wie ich wurde auch Chris und András von dem Soziologen Charles Perrow beeinflusst, der Risikofaktoren identifiziert hat, die bestimmte Arten von Systemen anfällig für Zusammenbrüche machen.

## WIE SYSTEME KOMPLEXES SCHEITERN HERVORBRINGEN

Die Überlegungen, aus denen sich schließlich mein Bezugssystem für die Kategorisierung von Fehlern entwickelte, nahmen vor 30 Jahren Gestalt an. In meinen Forschungen ging es um die Frage, warum selbst in erstklassigen Krankenhäusern immer wieder medizinische Fehler auftraten – und zwar selbst dann noch, als die Aufmerksamkeit der Experten und der Öffentlichkeit für dieses Problem bereits explodiert war.<sup>48</sup> Die Entdeckung der Häufigkeit unbeabsichtigter Schäden in Krankenhäusern war Ende der 1990er-Jahre ein Schock für die Öffentlichkeit und die medizinische Fachcommunity.<sup>49</sup> Schät-



zungen zufolge verursachen solche Fehler in US-Krankenhäusern jährlich eine Viertelmillion unnötige Todesfälle bei Patienten.<sup>50</sup> Wie konnten so viele gut ausgebildete und wohlmeinende Mitarbeitende des Gesundheitswesens, die erklärtermaßen keinen Schaden anrichten wollten, dies dennoch tun? Ein Hauptgrund, so fand ich heraus, liegt in der Natur des komplexen Scheiterns.<sup>51</sup>

Aufgrund meines technischen Interesses war ich begeistert von Charles Perrows bahnbrechendem Buch *Normale Katastrophen*, das 1984 erstmals veröffentlicht wurde und das Denken der Experten über Sicherheit und Risiko nachhaltig beeinflusst hat.<sup>52</sup> Perrow konzentrierte sich darauf, wie *Systeme*, und nicht Einzelpersonen, Folgefehler verursachen. Die Bedeutung dieser Unterscheidung darf nicht unterschätzt werden. Wenn man versteht, wie Systeme zu Fehlern führen – und vor allem, welche Arten von Systemen besonders fehleranfällig sind –, kann man die Schuldfrage aus der Gleichung herausnehmen. Es hilft auch, uns auf die Verringerung von Fehlern zu konzentrieren, indem wir das System ändern, anstatt eine Person, die in einem fehlerhaften System arbeitet, zu ändern oder zu ersetzen.

145

Ich habe mich an Perrows Arbeit orientiert, um herauszufinden, wie man die Hartnäckigkeit von medizinischen Unfällen erklären kann. Perrow beschrieb eine *normale Katastrophe* – ein Begriff, der provozieren soll – als eine vorhersehbare (normale) Folge eines Systems mit interaktiver Komplexität und fester Kopplung. *Interaktive Komplexität* bedeutet, dass mehrere Teile auf eine Weise interagieren, die es schwierig macht, die Folgen von Handlungen vorherzusagen. So brachte beispielsweise eine geringfügige Änderung des Schiffskurses Kapitän Rugiati auf einen Weg, auf dem das plötzliche Auftauchen zweier Hummerboote eine anschließende plötzliche und schwer auszuführende Wende erforderte, die in einem fatalen Unfall gipfelte. *Feste Kopplung* ist ein Begriff aus dem Ingenieurwesen und bedeutet, dass eine Aktion in einem Teil des Systems unweigerlich zu einer Reaktion in einem anderen Teil führt. Es ist nicht möglich, die Kette der Ereignisse zu unterbrechen. Wenn die mechanische Hardware eines Geldautomaten Ihre Bankkarte einzieht, sind die Software, die den Automaten steuert, und die Bankanwendung fest gekoppelt. Sie arbeiten zusammen, um Ihre Transaktion abzuschließen. Fällt eine Komponente aus, so ist das gesamte System betroffen. Fest gekoppelte Systeme haben keinen Spielraum.

Wenn Perrow eine Katastrophe als normal bezeichnet, will er damit sagen, dass bestimmte Systeme wie Katastrophen funktionieren, die nur darauf warten zu passieren. Ihr Design macht sie gefährlich. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis solche Systeme versagen. Im Gegensatz dazu wäre ein System mit geringer interaktiver Komplexität und loser Kopplung – zum Beispiel eine Grundschule –

nicht anfällig für normale Katastrophen. Bei einem System mit hoher Komplexität, aber ohne feste Kopplung (zum Beispiel eine große Universität mit vielen akademischen Fachbereichen, die relativ unabhängig voneinander arbeiten), könnte in einem Bereich etwas schiefgehen, ohne dass dies automatisch zu einem größeren Ausfall des gesamten Systems führt.

146 Wie Perrows Schüler Chris und András in ihrem Buch *Meltdown* darlegen, haben sich im Laufe der Zeit immer mehr unserer Systeme in die von Perrow beschriebene Gefahrenzone bewegt: »Als Perrow 1984 *Normale Katastrophen* veröffentlichte, war die von ihm beschriebene Gefahrenzone noch sehr klein. Sie umfasste Systeme wie Kernkraftwerke, Chemieanlagen und Raumfahrtmissionen. Seitdem sind alle Arten von Systemen – von Universitäten und Wall-Street-Firmen bis hin zu Staudämmen und Ölplattformen – komplexer geworden und eng miteinander verbunden.«<sup>53</sup>

Perrow schrieb sein Buch nach einem Vorfall im Kernkraftwerk auf Three Mile Island in Pennsylvania im Jahr 1979, bei dem es beinahe zu einer Kernschmelze kam. Es war ein sehr sichtbares Scheitern, das die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich zog. Perrow ist Soziologe und kein Nuklearingenieur, er mag einige technische Nuancen übersehen haben, als er Kernkraftwerke als fest gekoppelt und interaktiv komplex einschätzte, was sie von Natur aus unsicher macht.<sup>54</sup> Das ist eine Einschätzung, die Experten später in Frage gestellt haben. Aber seine Ideen halfen vielen von uns, die sich für Sicherheit und Unfälle interessierten, auf neue und nützliche Weise über die von uns untersuchten Zusammenhänge nachzudenken. Abbildung 4 zeigt das klassische Modell von Perrow mit neuen Bezeichnungen, die ich für jeden Quadranten erstellt habe. Oben rechts ist Perrows Kerngedanke dargestellt, dass interaktive Komplexität und feste Kopplung, wie sie in Kernkraftwerken vorkommen, eine Gefahrenzone schaffen. Perrow benutzte Eisenbahnen, um die Kombination aus fester Kopplung und linearen Interaktionen in dem Bereich zu veranschaulichen, den ich als *Kontrollzone* bezeichne. In einem typischen Produktionsbetrieb gibt es eine lose Kopplung und lineare Interaktionen. Da das klassische Management in solchen Kontexten sehr gut funktioniert, bezeichne ich dies als die *Managementzone*. In einer Universität schließlich verbinden sich komplexe Interaktionen mit loser Kopplung und ständigen Verhandlungen, um die Abläufe zu organisieren und am Laufen zu halten, was ich als *Verhandlungszone* bezeichne.