

# Monte Carlo Simulation und Systemtrading

Chancenbewertung, Risikoanalyse und Validierung von mechanischen Handelssystemen



*Systemtrading mit mechanischen Handelssystemen bestimmt zunehmend weltweit die Börsenaktivitäten von professionellen, aber auch von privaten Tradern. Leider kann die aktuelle Erfolgsquote des systematischen Handels, das heißt mittel- bis langfristig profitabel zu arbeiten, jedoch bislang nicht mit der gestiegenen Popularität dieser Methode Schritt halten. Gründe hierfür sind unter anderem unzureichende Entwicklungsprozesse sowie ungenügend getestete Systeme. Die zusätzliche Anwendung von Monte Carlo Simulationen bei der Systementwicklung und im Systemtest kann dazu beitragen, dass Chancenbewertung, Risikoanalyse und die Validierung von mechanischen Handelssystemen qualitativ deutlich aufgewertet werden.*

Ein wichtiges Grundprinzip des systematischen Handels mit mechanischen Handelssystemen liegt in der Analyse von Kursdatenzeitreihen mit dem Ziel, automatisiert Kauf- und Verkaufssignale zu erzeugen und mittels dieser Signale dann den Handel an den realen Märkten durchzuführen. Das Spektrum der Anwender solcher Systeme erstreckt sich von großen institutionellen Banken und Wertpapierhändlern über kommerzielle Anbieter von Handelssystemen und entsprechenden Dienstleistungen bis hin zu professionellen und semiprofessionellen Entwicklern und Tradern. Viele dieser Nutzergruppen haben jedoch beim Systemeinsatz ähnliche Erfahrungen

gemacht. Die optimierten und oft über längere Zeit eingesetzten automatisierten Handelsansätze funktionieren über eine gewisse Zeitspanne und auf einmal plötzlich dann nicht mehr. Manche Anwender haben gar noch wesentlich negativere Erfahrungen gemacht, indem in der Analysephase („Back Test“ bzw. „Papertrading“) positiv getestete Systeme schon beim ersten Einsatz an den realen Märkten versagten und das vorgesehene Handelskonto schneller als gedacht aufgebraucht war. Gründe genug also, um nach Verbesserungsmöglichkeiten bei der Entwicklung von mechanischen Handelssystemen zu suchen.

Hier kommt nun die Methode der Monte Carlo Simulation ins Spiel. Diese Methode beruht darauf, aufbauend auf einem bestimmten zugrunde liegenden Modell durch Hinzufügen einer Zufallskomponente und der Durchführung einer hohen Zahl von Simulationen realistische Szenarien zu simulieren, die möglichst das gesamte Spektrum zwischen „Worst Case“ und „Best Case“ der Auswirkungen des Ursprungsmodells sichtbar machen. Im Rahmen der Entwicklung und dem Test von mechanischen Handelssystemen kann die Monte Carlo Simulation sowohl hinsichtlich der zu erwartenden Gewinnchancen, aber auch bezüglich des Risikos des Handelsansatzes frühzeitig wertvolle Einsichten liefern (Systemsimulation). Darüber hinaus kann der Einsatz dieser Methode bei der Erzeugung von alternativen, synthetischen Daten („Data Scrambling“) die Entwicklung und den Test von robusten, unter unterschiedlichen Marktbedingungen funktionierenden mechanischen Handelssystemen entscheidend unterstützen (Datensimulation).

Monte Carlo Simulationen als wirkungsvolles Werkzeug für Systemtrader und Entwickler wurden in den letzten Jahren literarisch vermehrt von bekannten internationalen Autoren (unter anderem Mandelbrot, Taleb) erwähnt und auch in TRADERS' gab es diesbezüglich schon diverse Artikel (unter anderem Wittmer 09/2003 und 10/2004, Wormstall 04/2004, Vogt 06/2005). Trotzdem wird die Bedeutung von Monte Carlo Simulationstechniken für eine Verbesserung sowie für die Validierung von mechanischen Handelssystemen noch weithin unterschätzt. Dieser Artikel versucht nun die wesentlichen Komponenten Systemsimulation und Datensimulation pragmatisch zu erklären und in einen optimierten Systementwicklungsprozess einzuordnen.

### Konventioneller Systementwicklungsprozess

Der übliche konventionelle Systementwicklungsprozess bezüglich der Entwicklung von mechanischen Handelssystemen kann schematisch wie in Bild 1 abgebildet werden. Das Ziel des Prozesses liegt darin, ein möglichst unter unterschiedlichen Marktbedingungen profitables, risikoarmes Handelssystem zu finden, welches zudem mit einem bestimmten, dem jeweiligen Anwender zur Verfügung stehenden Kapital in einem überschaubaren Zeitrahmen zu handeln ist. Das klingt auf den ersten Blick recht einfach. Die Praxis zeigt jedoch, dass Systeme, die alle drei zuvor genannten Ziele längerfristig erfüllen, sehr selten zu finden sind.

Zwei wesentliche Mängel bei der üblichen heutigen Entwicklung von mechanischen Handelssystemen sind nach Meinung des Autors einerseits die unzureichende Einschätzung der Chancen (Profits) sowie des Risikos (Drawdowns) des Systems und andererseits die mangelnde Validierung der gewünschten Systemrobustheit. Aufgrund der meist ausschließlichen Verwendung des im Rahmen der Systementwicklung und Systemtests gefundenen, so genannten „besten“ Systemreports als Grundlage für die Evaluierung des Systems und die meist folgenreiche Entscheidung, darauf aufbauend sofort real an den Märkten zu handeln, werden systemimmanente Schwankungen dieser Kenngrößen ignoriert. Die Tatsache, dass die Entscheidung oft nur aufgrund von Systemtests mit einer dem zu handelnden Wert bzw. Instrument zuzuordnenden originalen historischen Zeitreihe und den dort in diesem Zeitraum herrschenden Marktbedingungen vorgenommen wird, ignoriert die Möglichkeit unterschiedlicher Marktbedingungen.

### B1) Konventioneller Systementwicklungsprozess



Bild 1 zeigt den üblichen Systementwicklungsprozess, der im wesentlichen aus Systementwicklung und Systemtests der originalen Daten besteht.

Natürlich gibt es Ansätze, die Qualität dieses Systementwicklungsprozesses mit konventionellen Mitteln zu verbessern (zum Beispiel Aufteilung in Systemtest und Out-of-sample-Test, Walk Forward Datenextrapolationen oder die Verwendung von Daten aus unterschiedlichen Märkten etc.). Diese Ansätze erreichen in der Regel jedoch weder das angestrebte Ziel, die zuvor angesprochenen Schwankungen, das heißt die möglichen Gewinnspannen (bezogen auf die zu betrachtende Zeiteinheit) sowie den maximalen (negativen) Account Drawdown des Handelskontos realitätsnah abschätzen zu können, noch ermöglichen sie das Systemverhalten unter geänderten Marktbedingungen abzuschätzen. Für aussagefähige Stresstests und Robustheitstests braucht man ein Testszenario mit ausreichend großem Mengengerüst, welches im üblichen konventionellen Testszenario selten ausreichend vorhanden ist. Die später noch im Detail vorzustellendem auf der Monte Carlo Simulationstechnik basierenden Systemsimulationen und Datensimulationen erlauben dieses hingegen!

### B2) Optimierter Systementwicklungsprozess

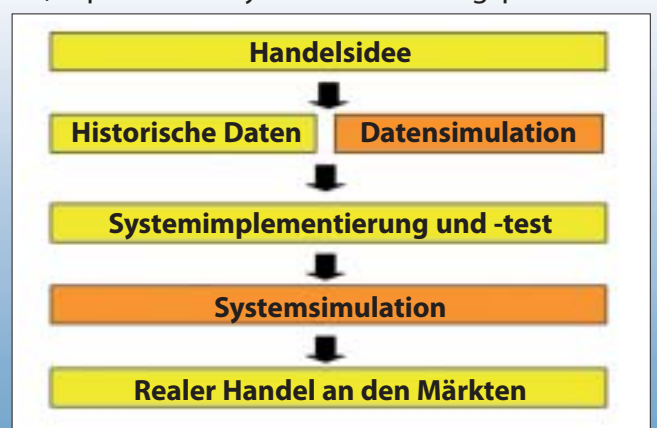


Bild 2 zeigt den optimierten Systementwicklungsprozess, der die Erweiterung des Prozess-Schritts Datenbereitstellung durch zusätzliche synthetische Testdaten (Datensimulation) sowie den neuen Prozess-Schritt Systemsimulation beinhaltet.

### B3) Systemsimulation, Input/Output

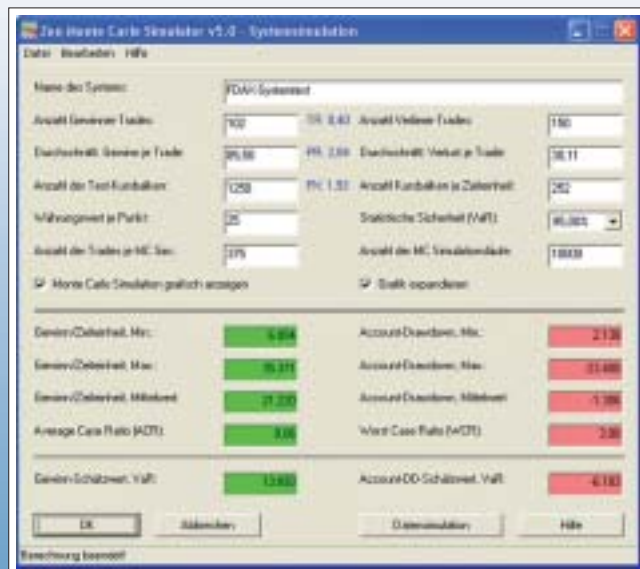


Bild 3 zeigt die notwendigen Inputdaten für eine Systemsimulation auf Basis der Monte Carlo Simulationsmethode. Die möglichen Schwankungsbereiche für Profite und Drawdowns werden deutlich.

Quelle: www.zentrader.de

### Optimierter Systementwicklungsprozess

Die Ergänzung des zuvor beschriebenen konventionellen Systementwicklungsprozesses durch die beschriebenen Monte Carlo Simulationsmethoden bzw. System- und Datensimulationstechniken führt zu einem so genannten „optimierten“ Systementwicklungsprozess (Bild 2).

Ein neuer Prozessschritt, die Systemsimulation, erlaubt eine differenziertere Analyse der Chancen und Risiken des Systemansatzes unter Einfluss von Zufallskomponenten. Sollte diese Analyse positiv ausfallen, wird die Erweiterung des Prozessschritts „Datenbereitstellung“ über die historischen Daten hinaus durch zusätzliche synthetische Daten vorgenommen (Datensimulation). Die beiden in diesem Artikel vorgeschlagen Simulationstechniken sind aus Gründen der Entwicklerproduktivität auch als Zweistufenkonzept zu verstehen. Die aufwändige Datensimulation ist nur dann notwendig, wenn das System die erste Stufe, die Systemsimulation überhaupt positiv überstanden hat. Und daran scheitern schon sehr viele Systeme.

### Systemsimulation

Was versteht man unter Systemsimulation? Die Systemsimulation, ermöglicht einen Stresstest des Systems. Eingabedaten sind dabei die aufgrund des Systemreports bereits vorliegenden Systemtestergebnisse bzw. Systemeigenschaften wie zum Beispiel Anzahl der profitablen Trades, Anzahl der Verlusttrades, durchschnittlicher Gewinn je profitablen Trade, durchschnittlicher Verlust je Verlusttrade sowie natürlich Art und Anzahl der Testdaten. Zusätzlich benötigt man jetzt noch simulationsspezifische Eingabedaten, die zum Beispiel die Zahl der Trades je Simulationslauf oder die Gesamtzahl der Simulationsläufe betreffen. Optional sind auch statistische Sicherheits-

bereiche für „value-at-Risk“-Auswertungen der Simulationen denkbar. Bild 3 zeigt beispielhaft Eingabedaten sowie das Ergebnis der Systemsimulation, Bild 4 zeigt die grafische Verteilung von Profits und Drawdowns. Im Beispiel wurde für ein profitables FDAX-System (Profitabilitätsindex 1,99) mit einem Kontrakt ein Monte Carlo Simulations-basierter Stresstest mit der Simulation von 3,7 Mio. Trades durchgeführt. Der ursprüngliche Systemtest wies in diesem Fall einen jährlichen Profit von zirka 21 000 Euro sowie einen maximalen Drawdown von -1300 Euro im „Back-Test“ aus. Die Chancenbewertung auf Basis der durchgeführten Systemsimulation zeigt für das System jedoch eine auf das Jahr heruntergerechnete mögliche Gewinnspanne zwischen 3000 und 41 000 Euro. Der maximale Account Drawdown in der Simulation lag sogar bei zirka -23 000 Euro. Dies ist neben dem eigentlichen Risiko unter anderem ein erster Hinweis auf die notwendige Handelskontogröße, die inklusive zum Beispiel der von der Eurex geforderten Margin, also schon zwischen 30 000 und 40 000 Euro liegen sollte. Die Systemsimulation liefert somit eine wesentlich differenziertere Aussage zu Schwankungsbreiten für zu erwartende Gewinne (Chancen) in festgelegten Zeiteinheiten sowie eine stark verbesserte Risikoanalyse bezüglich eventuell zu erwartender Account-Drawdowns als der ursprüngliche eindimensionale Systemtest.

Jedoch hat auch die Systemsimulation auf Basis eines bestehenden Systemreports als Ausgangsdaten implizit in diesem Fall nur die historischen Vergangenheitsdaten des Ursprungssystems als Basis. Die Simulation zeigt somit zwar die Schwankungsbreiten für Gewinne und Drawdowns auf, allerdings nur unter der Voraussetzung, dass sich die Eingangprofitabilität des vorliegenden Grundsystems, abhängig von den Marktbedingungen nicht ändert. Um auch geänderte Marktbedingungen in den Systementwicklungsprozess einzubeziehen, bedarf es der zusätzlichen Komponente Datensimulation.

### Datensimulation

Die Datensimulation („data scrambling“) ist eine Technik, die im vorliegenden Beispiel auf Grundlage der Eigenschaften der originalen,

### B4) Grafik der Simulationsverteilung

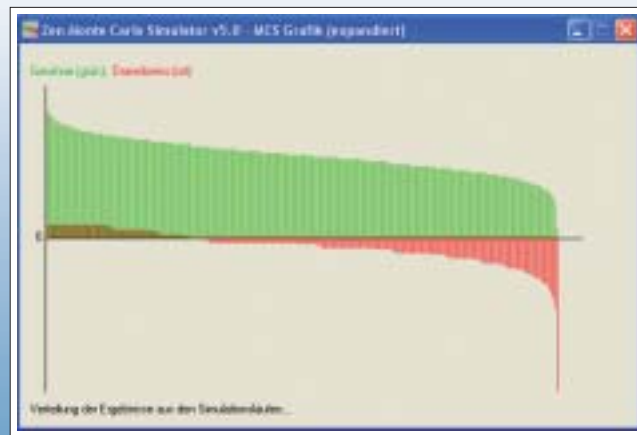


Bild 4 zeigt die Verteilung der Profite (grün bzw. von links nach rechts fallende positive Werte) und Drawdowns (rot bzw. von links nach rechts steigende negative Werte) in den Simulationsläufen.

Quelle: www.zentrader.de

### B5) Datensimulation, Input/Output

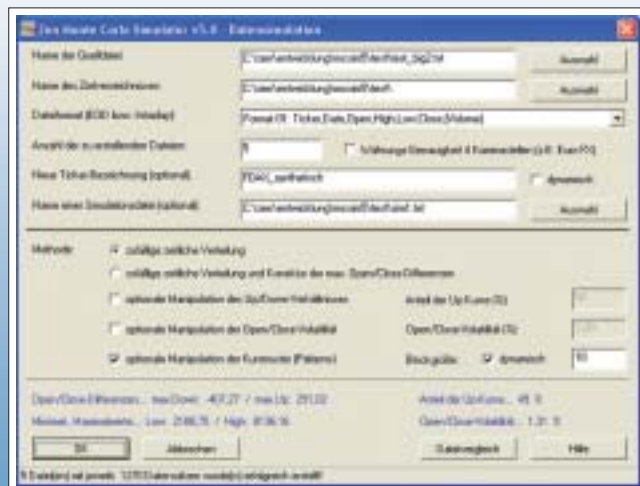


Bild 5 zeigt die für die Datensimulation zur Generierung von synthetischen Daten notwendigen sowie die optionalen Eingabemöglichkeiten.

Quelle: www.zentrader.de

### B6) Datensimulation, Grafischer Dateivergleich



Bild 6 zeigt einen grafischen Vergleich der historischen Original-Kursdatenzeitreihe mit einer simulierten alternativen künstlichen Kurdatenzeitreihe.

Quelle: www.zentrader.de

historischen Datenreihe unter Hinzuziehung einer auf der Monte Carlo Simulation basierenden Zufallskomponente sowie zusätzlicher optionaler Konfigurationen und Parametrisierungen neue synthetische Datenreihen erzeugt. Mit diesen neuen Daten können wiederum erneut Systemtests durchgeführt und eine Hauptgefahrenquelle der konventionellen Systementwicklung vermieden werden: die Überoptimierung oder das so genannte „Curve fitting“. Bild 5 zeigt die Konfigurationsmöglichkeiten für eine solche Datensimulation, Bild 6 einen beispielhaften grafischen Vergleich von der originalen historischen Kurszeitreihe mit einer beliebig ausgewählten synthetischen Zeitreihe.

Die Stärke einer Anwendung von Datensimulationstechniken im optimierten Systementwicklungsprozess liegt darin, dass mögliche unterschiedliche Marktbedingungen durch nahezu beliebig viele unterschiedliche alternative Kursverläufe simuliert werden können, dass Systemtests somit in vielen denkbar unterschiedlichen Szenarien durchgeführt werden können und eine Überoptimierung bei der Entwicklung und beim Test von mechanischen Handelssystemen weitgehend vermieden wird. Im Gegensatz zur alternativen Testmöglichkeit mit Kursen aus unterschiedlichen Märkten erlaubt die Datensimulation dabei die Beibehaltung von bestimmten kurs-typischen Eigenschaften des zu analysierenden Wertes. Es gibt jedoch auch Schwächen. So sollte man nicht erwarten, dass man den sehr komplexen Markt bzw. das zukünftige Marktverhalten durch ein Modell jemals komplett simulieren kann, und selbst wenn dies gar nicht angestrebt ist, birgt die Vielfalt der schon bestehenden Möglichkeiten einen nicht unerheblichen Testaufwand.

Auch wenn mit diesen Methoden und Techniken kein hundertprozentiges „holy grail“-System garantiert werden kann, so verbessern Systemsimulation und Datensimulation die Chancenbewertung, die Risikoanalyse und die Validierung von mechanischen Handelssystemen deutlich. Bei entsprechender Softwareunterstützung sind zudem nur wenige Dateneingaben notwendig, um sehr aussagefähige Simulationsergebnisse und Testdaten zu erhalten, welches der

Entwicklerproduktivität von Handelssystementwicklern und Systemtradern zugute kommt.

Aber auch Trader, die gekaufte Handelssysteme verwenden, können die beschriebenen Techniken zur Überprüfung dieser meist geschlossenen Systeme verwenden. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass die Anbieter die entsprechenden Systemreportergebnisse veröffentlichen und eventuell zusätzlich einen so genannten „Blackbox“-Systemtester für ihre Systeme anbieten, um die Systemperformance auch mit alternativen Daten zu verifizieren.

Systemsimulationen sind heute ansatzweise schon in bekannten Handelssystementwicklungsumgebungen integriert (zum Beispiel Investoxx, Tradesim etc.), bei Datensimulationen steht die Entwicklung allerdings noch am Anfang. Eine Weiterentwicklung der Datensimulationsmethoden selbst sowie eine verbesserte Integration in bestehende Systemtest- und Systementwicklungssoftware sind hier wünschenswerte Ziele für die Zukunft.

## Dipl.-Ing. Volker Butzlaff

Volker Butzlaff ist als freiberuflicher Ingenieur mit den Schwerpunkten Systementwicklung und Simulationsmethodik tätig. Er entwickelt und vertreibt die Simulationssoftware „Zen Monte Carlo Simulator“ und ist Autor des Buches *Monte Carlo Simulation und System Trading*. Weitere Informationen finden Sie unter [www.zentrader.de](http://www.zentrader.de).

