

Multi-asset Statistical Arbitrage for Crypto Currencies

A Vine Copula Replication of an Equity Strategy

Diplomand



Pascal Ali

Problemstellung: Kryptowährungen sind strukturell anders als Aktien: Bitcoins Tages-Standardabweichung liegt bei 5,55% gegenüber 0,94%, mit heavy-tailed, asymmetrischen Verteilungen. Statistical Arbitrage setzt auf die Rückkehr eines Portfolios zu seinem Gleichgewicht, was ein korrekt erfasstes gemeinsames Verhalten der Assets voraussetzt. Klassische Verfahren wie Korrelation und Kointegration beschreiben diese Kopplung jedoch linear und symmetrisch — problematisch, wo gerade gemeinsame Extrembewegungen den Ertrag bestimmen. Copulas trennen Randverteilungen von der Abhängigkeitsstruktur; Vine Copulas erweitern dies auf mehr als zwei Assets. Für Kryptowährungen bleibt die Evidenz dazu spärlich und bivariat; ein multivariates Design existiert bislang nur für Aktienmärkte.

Daraus ergeben sich vier Fragen: Lässt sich ein Aktien-Vine-Copula-Design methodisch übertragen? Ist es netto profitabel? Bringt die Flexibilität der Vine Copula einen Vorteil gegenüber einfacheren Modellen? Und: Ist ein negatives Ergebnis interpretierbar, ohne Implementierungsfehler auszuschliessen?

Vorgehen / Technologien: Lohnt die Flexibilität einer Vine Copula den Mehraufwand gegenüber einer elliptischen Verteilung? Diese Frage bestimmt einen kontrollierten Modellvergleich. Grundlage sind Kursdaten von 158 Kryptowährungen über 5,85 Jahre in 30-Minuten-Auflösung, zerlegt in 304 Study Periods mit Initialisierung, Formation und Handel auf disjunkten Daten. Zu jedem Zielasset werden drei Partner über statistische Abhängigkeitsmasse gewählt, darunter ein Extremal-Mass für gemeinsame Extrembewegungen. Auf die Vierergruppe wird eine C-Vine-Copula geschätzt, die Asymmetrie in den Rändern erfasst. Aus der bedingten Verteilung des Zielassets folgt ein Mispricing-Index, der über eine Bollinger-Band-Regel Ein- und Ausstieg steuert.

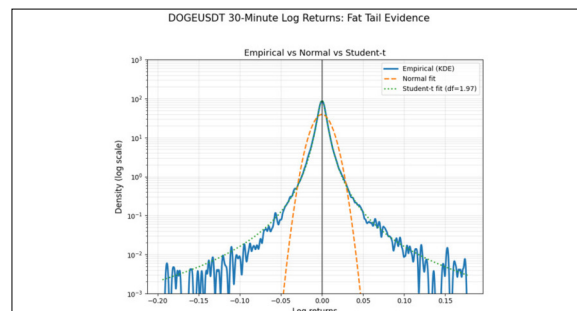
Vier Abhängigkeitsmodelle — C-Vine, Student-t, Gauss und ein partnerfreies Modell — teilen dieselbe Pipeline; die Gauss-Variante dient als Gegenprobe zur zentralen Hypothese. Erweiterungen umfassen eine Ausführungsverzögerung, eine GARCH-Vorfilterung und einen Gruppengrößen-Vergleich, jeweils brutto und netto ausgewiesen. Zur Absicherung wurde die Pipeline zusätzlich auf S&P-500-Daten validiert. Das Ergebnis fällt gegenläufig aus: Modellgüte und Handelsbilanz führen zu unterschiedlichen Antworten.

Ergebnis: Eine profitable Strategie liess sich auf Kryptowährungen nicht erreichen: Netto verliert die Strategie in 44 von 46 Parameterzellen, die beiden Ausnahmen nur durch nahezu vollständige Inaktivität. Die Ursache liegt nicht im Signal: Vor Kosten sind 12 von 46 Zellen positiv, aufgezehrt von im Mittel 9,37%

Kosten pro Jahr. Bindend ist die Kostenstruktur, nicht die Signalqualität. Der Modellvergleich fällt zugunsten der Vine Copula aus: -9,19% gegenüber -10,34% (Student-t), -13,21% (Gauss) und -20,11% (partnerfrei), bei nur 12% Streuung in der Handelsfrequenz — ein Hinweis auf die Abhängigkeitsstruktur als Ursache. Die S&P-500-Validierung stützt die Implementierung. Die statistische Konstruktion überträgt sich auf Kryptomärkte, die profitable Handelsumgebung jedoch nicht.

Extreme Kursausschläge bei DOGEUSDT sind häufiger als von der Normalverteilung erwartet – Fat Tails.

Eigene Grafik, Daten von <https://data.binance.vision>



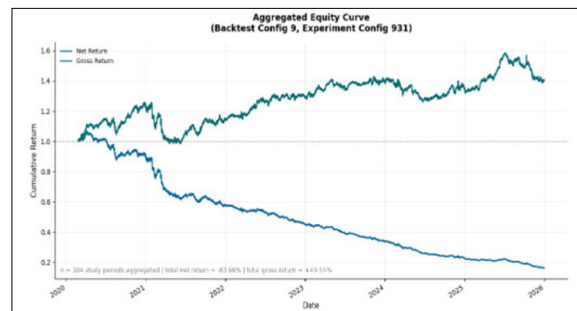
Der Mispricing-Index von ZECUSDT löst in diesem Zeitfenster sieben Long/Short-Signale entlang des Bollinger-Bands aus.

Eigene Darstellung



Beispiel: Über 304 Perioden bleibt die Bruttorendite positiv, die Nettorendite jedoch stark negativ.

Eigene Darstellung



Referent

Dr. Shao Jü Woo

Korreferentin

Dr. Plankensteiner
Kathrin, FH Vorarlberg

Themengebiet
Data Science