SW-63 Synchronisation von Oszillatoren, am Beispiel von Metronomen

In diesem Versuch wird am Beispiel von fünf Metronomen demonstriert, dass Oszillatoren sich synchronisieren können, wenn sie ausreichend stark miteinander gekoppelt sind.
Fünf identische Metronome sind nebeneinander auf ein Kunststoffbrett aufgeklebt. Die Pendel werden gelöst und die Metronome werden aufgezogen und mit höchster Taktfrequenz (208Hz), aber möglichst unterschiedlicher Phase, angestoßen. Zunächst steht das Brett einfach auf dem Tisch, oder alternativ auf den beiden zugehörigen kurzen Plastikrohren, wobei diese mit der Öffnung nach oben zeigen, also nicht rollen können. Die Metronome sind in dieser Konfiguration unabhängig voneinander und laufen asynchron vor sich hin.
Dann dreht man die Rohre so, dass die Öffnung nach vorne zeigt, sie also als Rollen fungieren. Das Brett kann sich nun zur Seite bewegen. Man beobachtet deutliche Bewegungen des Aufbaus nach beiden Seiten, und nach einiger Zeit synchronisieren sich die Metronome, d.h. die Pendel schwingen alle im Takt und phasengleich.
Dieses Phämomen wird vom Kuramoto-Modell beschrieben und tritt bei allen möglichen Arten von Oszillatoren auf, z.B. auch in elektrischen Systemen, etwa bei der Synchronisation von Schaltnetzteilen.

Aufbau

Resultat

Datei 1 - Der Film zeigt zunächst den ungekoppelten Zustand und dann den Umbau zum gekoppelten Zustand mit folgender Synchronisation (17MB)
Datei 2 - Gleicher Film, maximale Auflösung (176MB)