

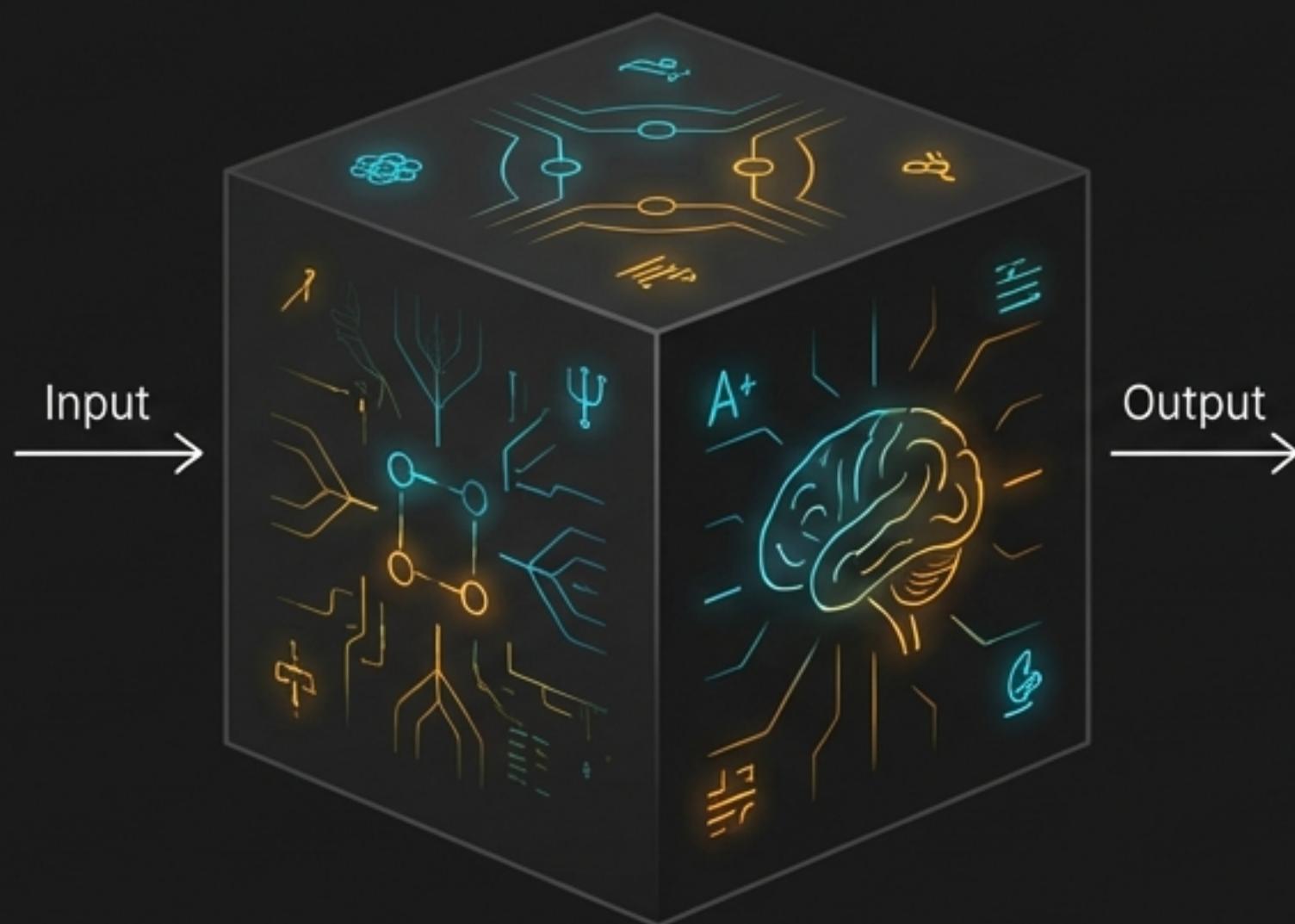
Micro-Swarm & MycoDB

Wenn Daten lebendig werden.

Forschungsfeld: Artificial Life & Emergent Systems
Autor: Ralf Krümmel
Datum: 2026

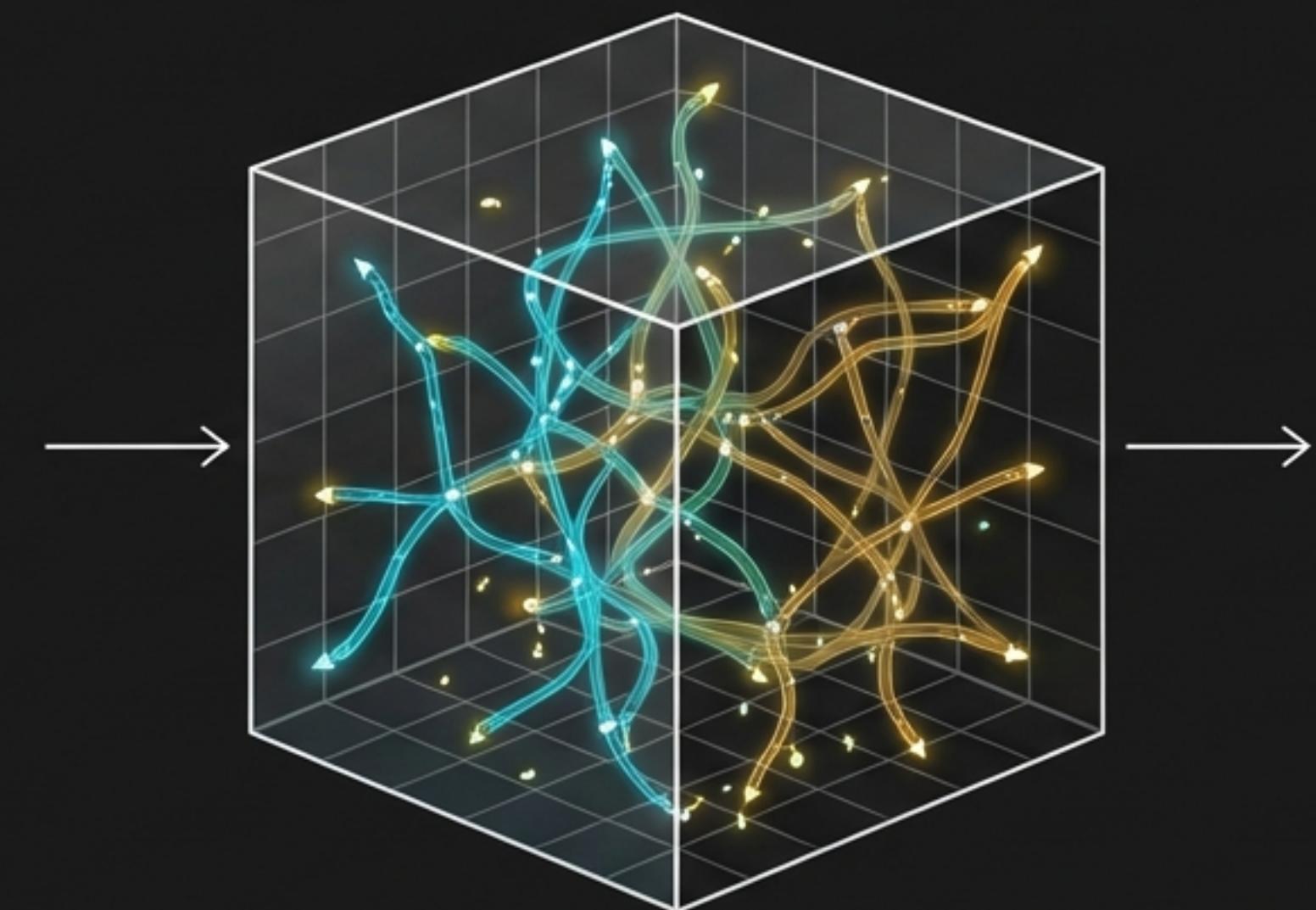
Das Manifest: Emergenz statt Blackbox

Traditionelle KI (Deep Learning)



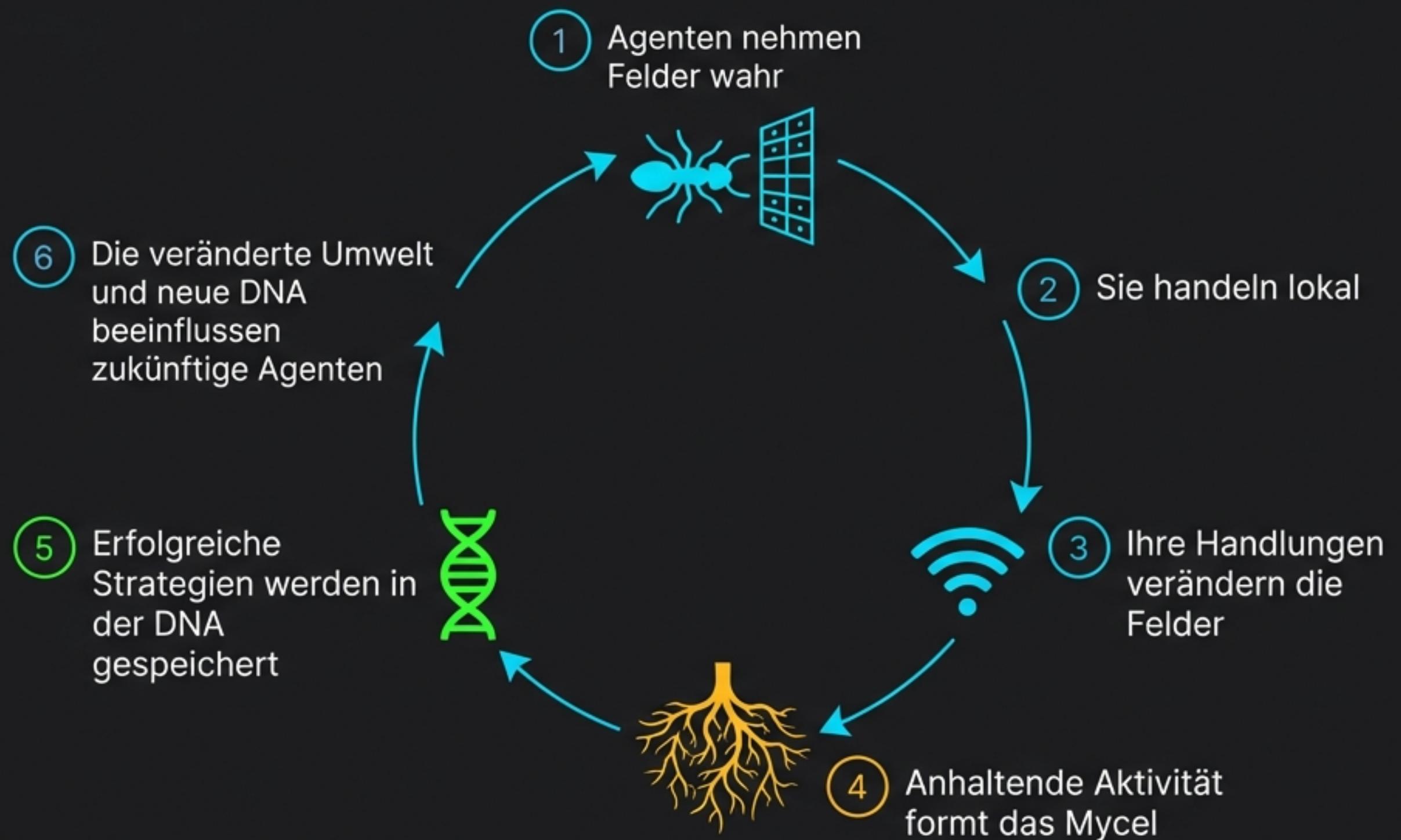
Zentrale Steuerung. Undurchsichtige 'Hidden Layers'.
Benötigt massives Training (Backpropagation).

Micro-Swarm (Artificial Life)



Dezentrale Selbstorganisation. Vollständig erklärbare
Kausalität ('Glass Box'). Intelligenz entsteht durch Interaktion.

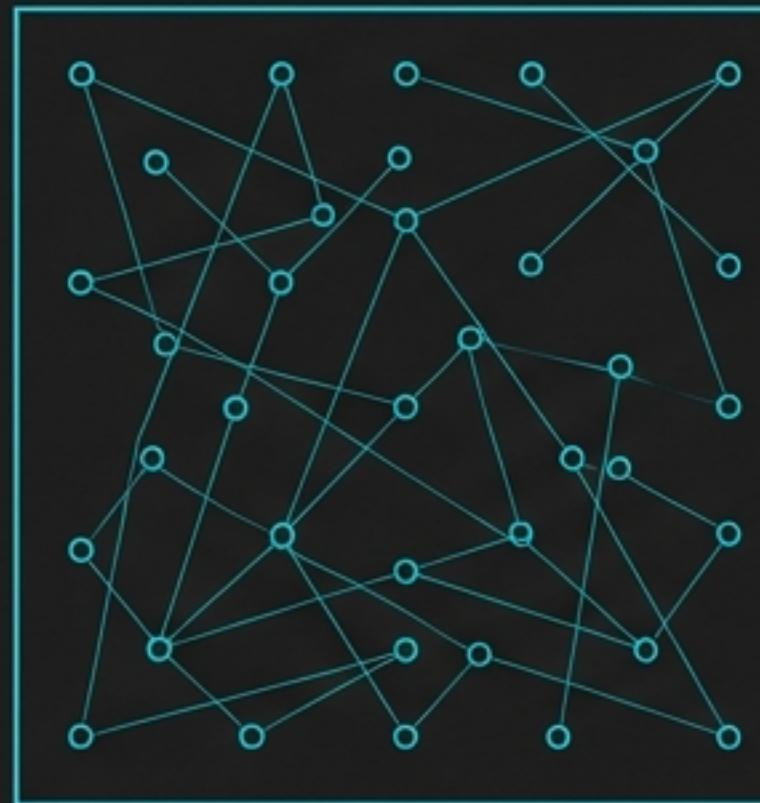
Die Mechanik: Der Kreislauf der Emergenz



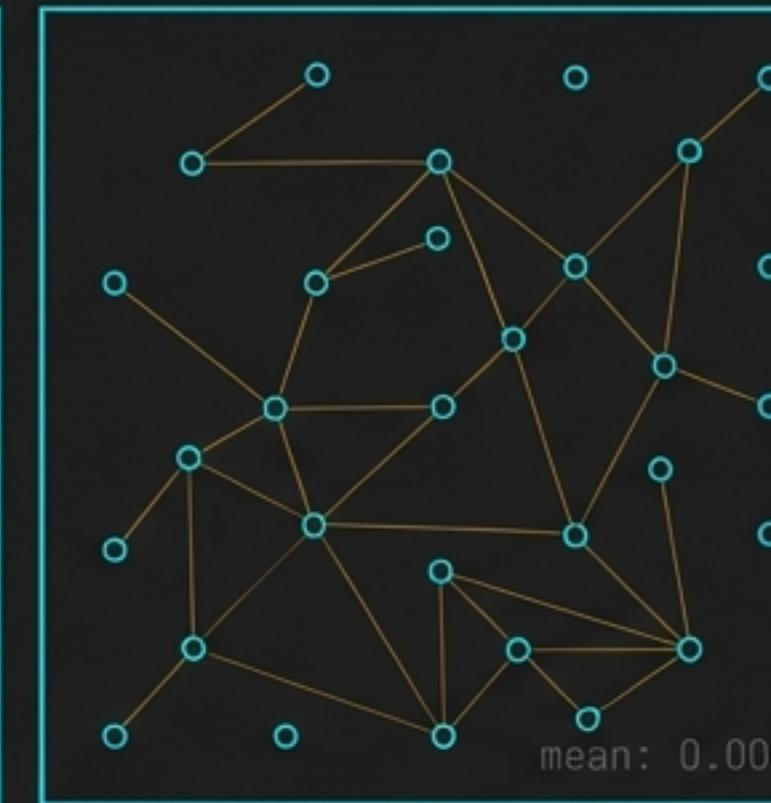
Komponenten

- **Agenten:** Blinde Akteure, lokale Sensoren (L/R/V).
- **Pheromone:** Mittelzeit-Gedächtnis (Kommunikation).
- **Mycel:** Langzeit-Gedächtnis (Infrastruktur).
- **DNA:** Strategie-Speicher (Evolution).

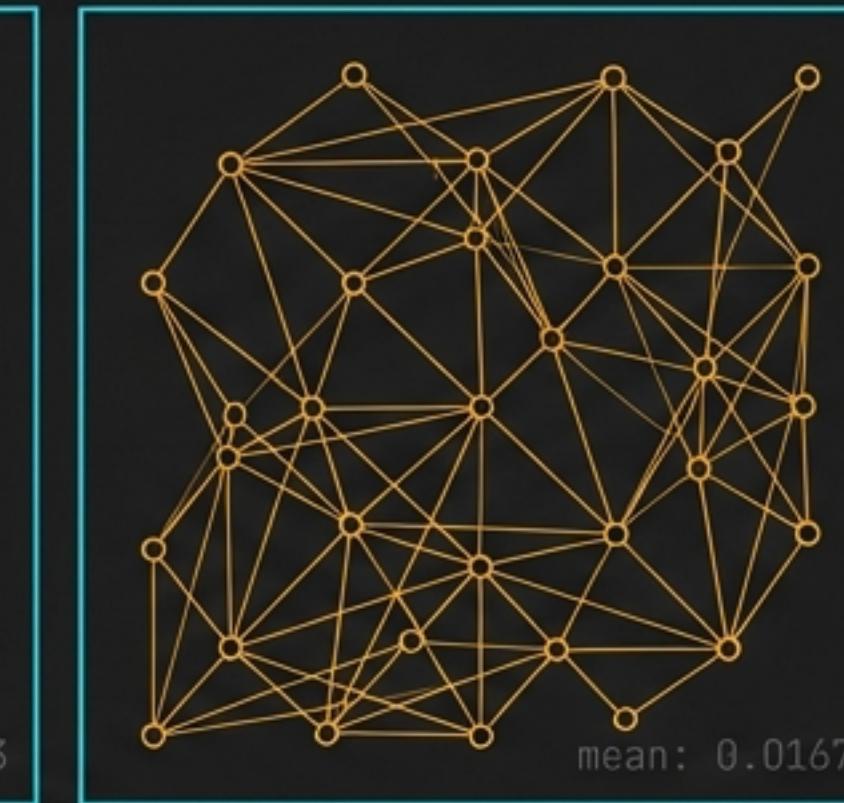
Beweis A: Von Chaos zur Struktur (Baseline)



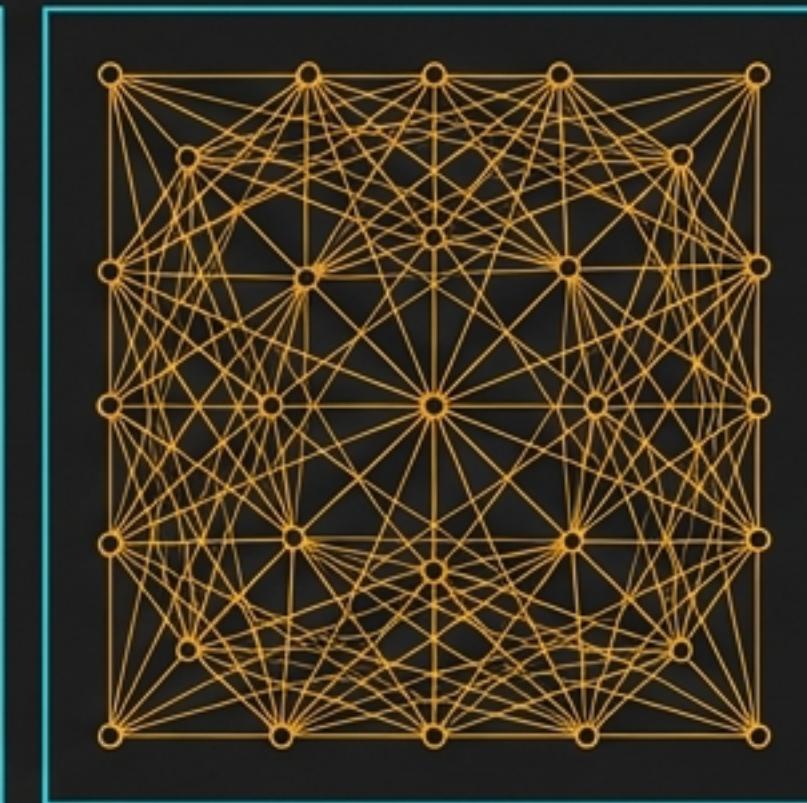
Step 0 (Chaos)



Step 50



Step 200



Step 450 (Struktur)



Start (Step 0): 0.0000

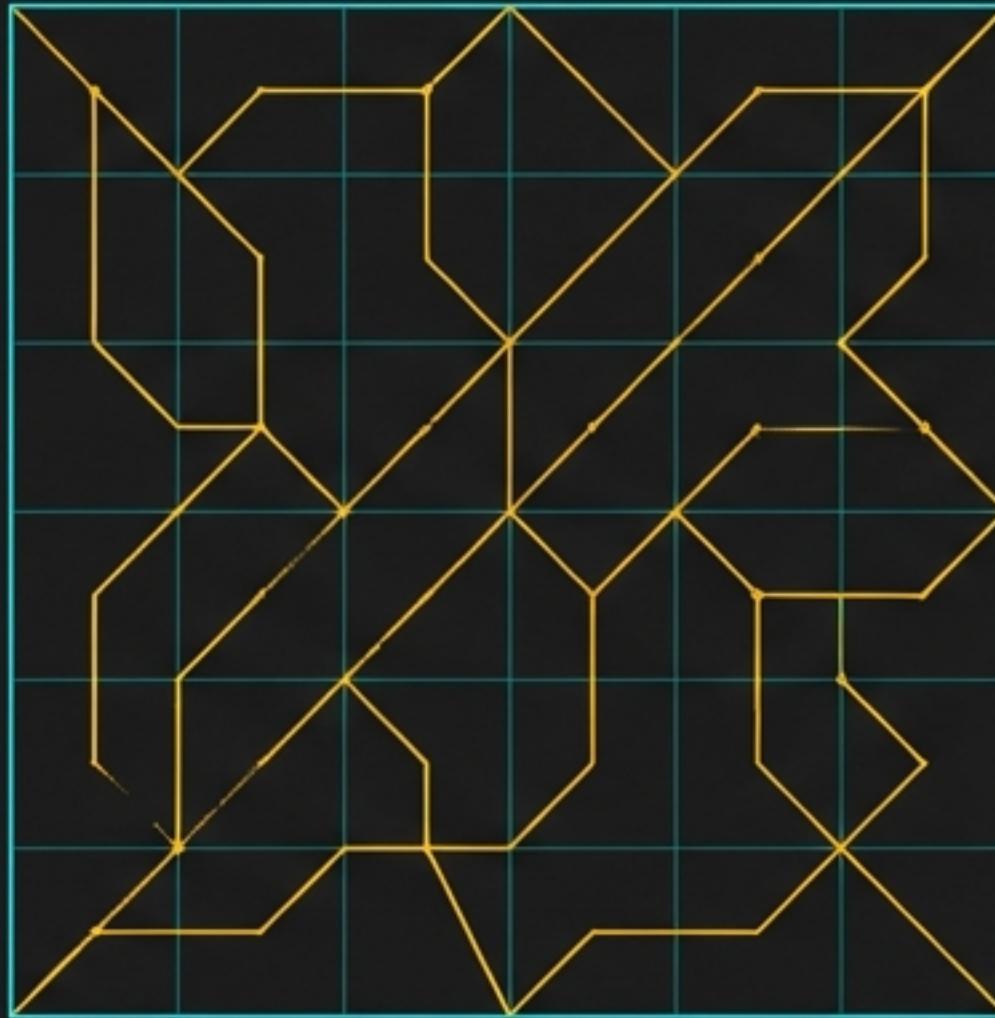
Entwicklung von 'mycel mean'

Ende (Step 450): 0.0831

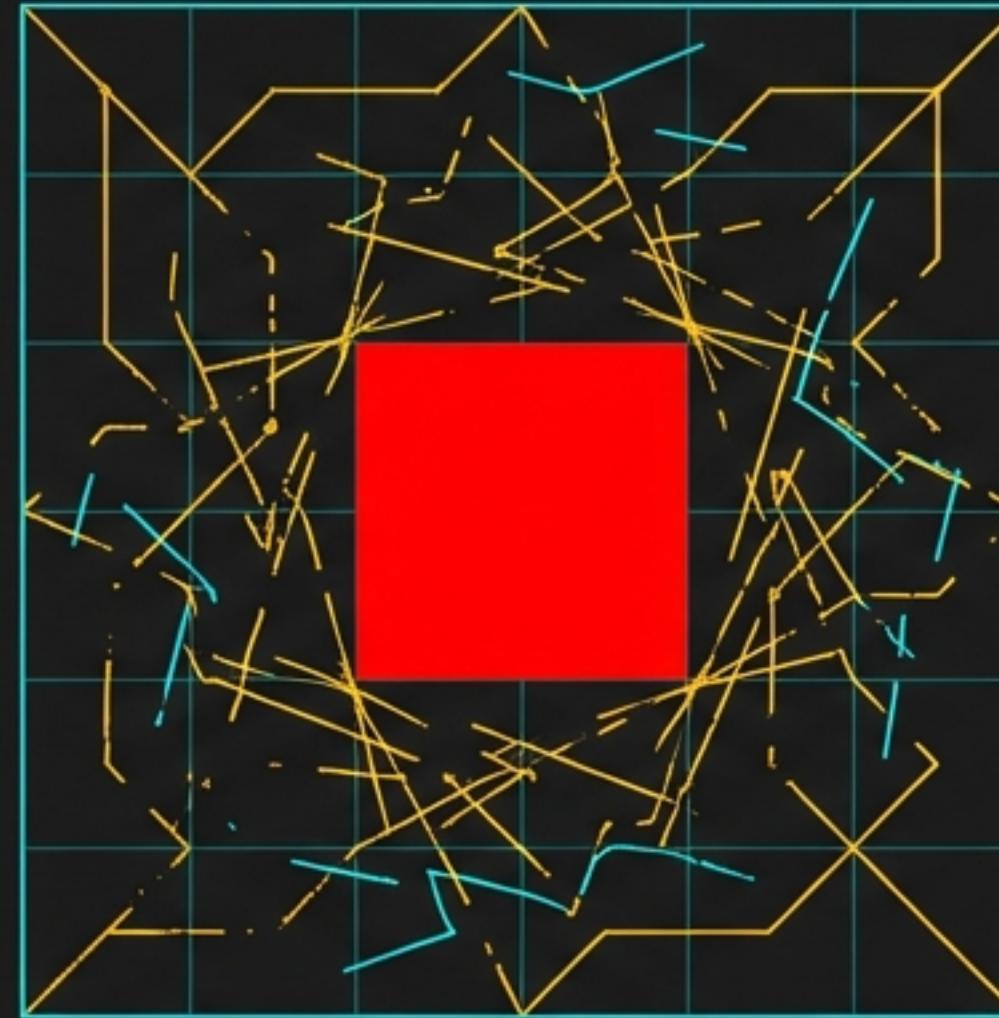
Ohne äußere Eingriffe formt der Schwarm aus einer zufälligen Verteilung ein **effizientes Versorgungsnetzwerk**. Stigmergie ersetzt zentrale Planung.

nonzero_ratio: 0.0 → 1.0

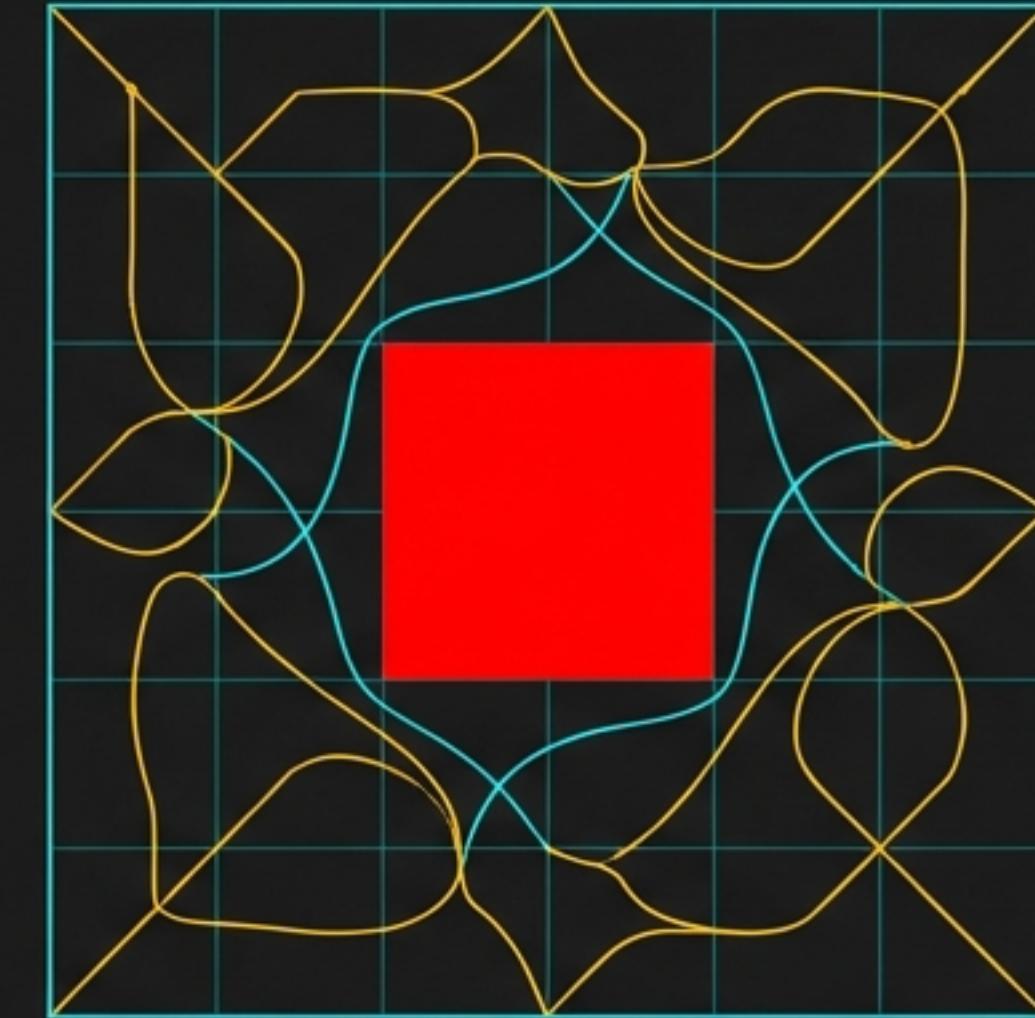
Beweis B: Resilienz & Wundheilung



Stabiles Netzwerk (t=100)
Inter Light



Reorganisation nach Störung (t=150)
Inter Light



Neue Struktur (t=450)
Inter Light

SCENARIO: Stress-Test

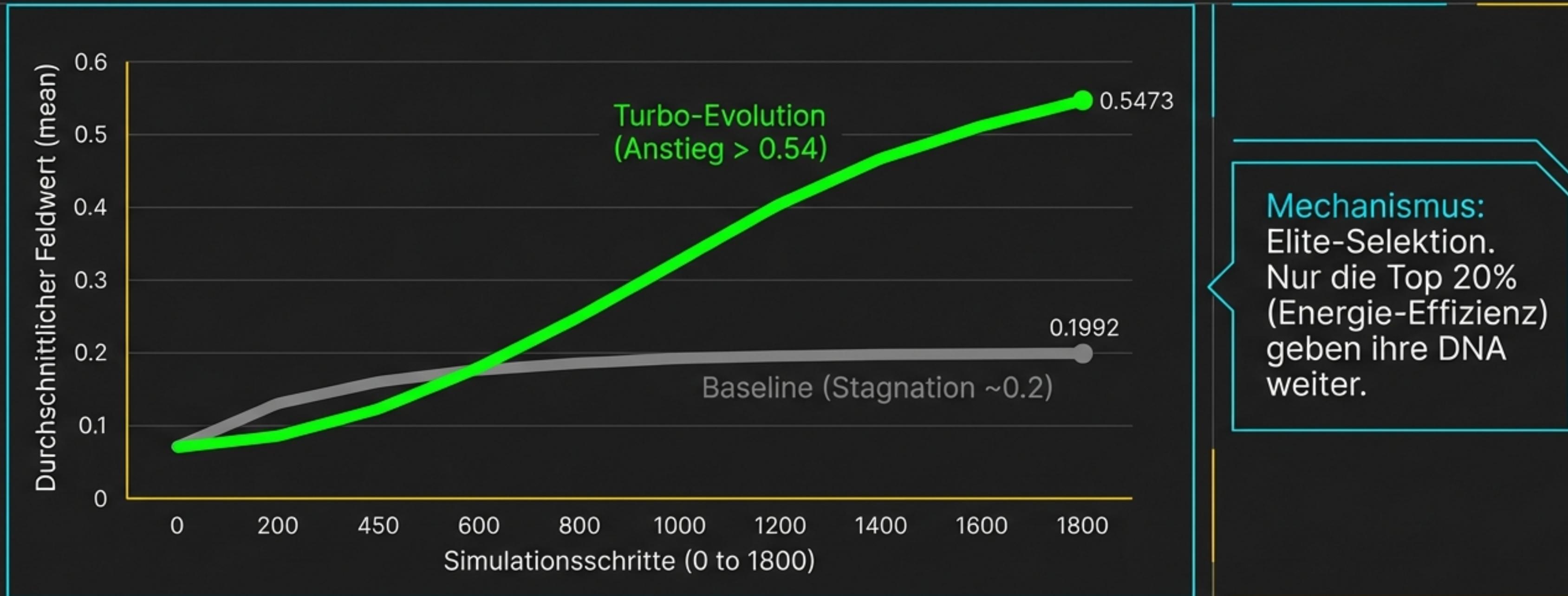
Time: Step 120

Event: Block Area [40,40 - 30x30]

Event: Inject Noise (0.004)

Result: System repariert sich selbst. 'mycel mean' wächst auf 0.0134 trotz Blockade.

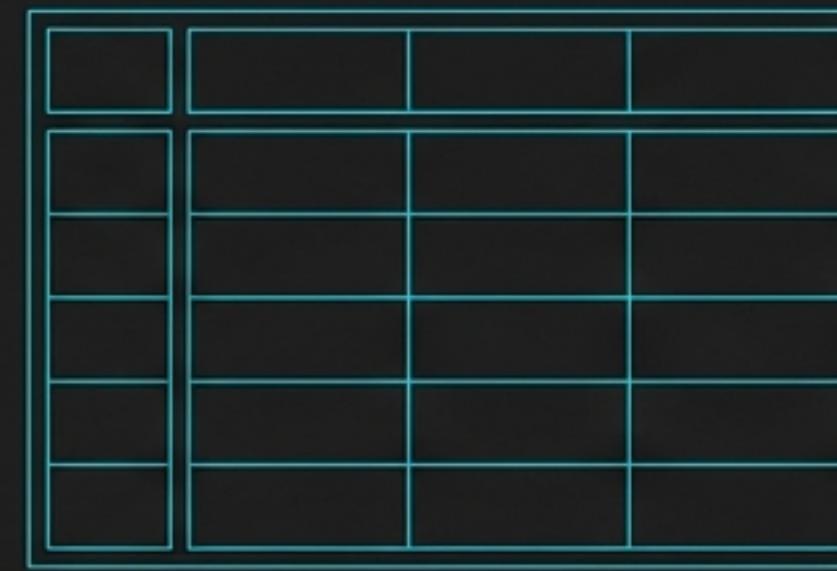
Beweis C: Evolutionäre Strategie-Optimierung



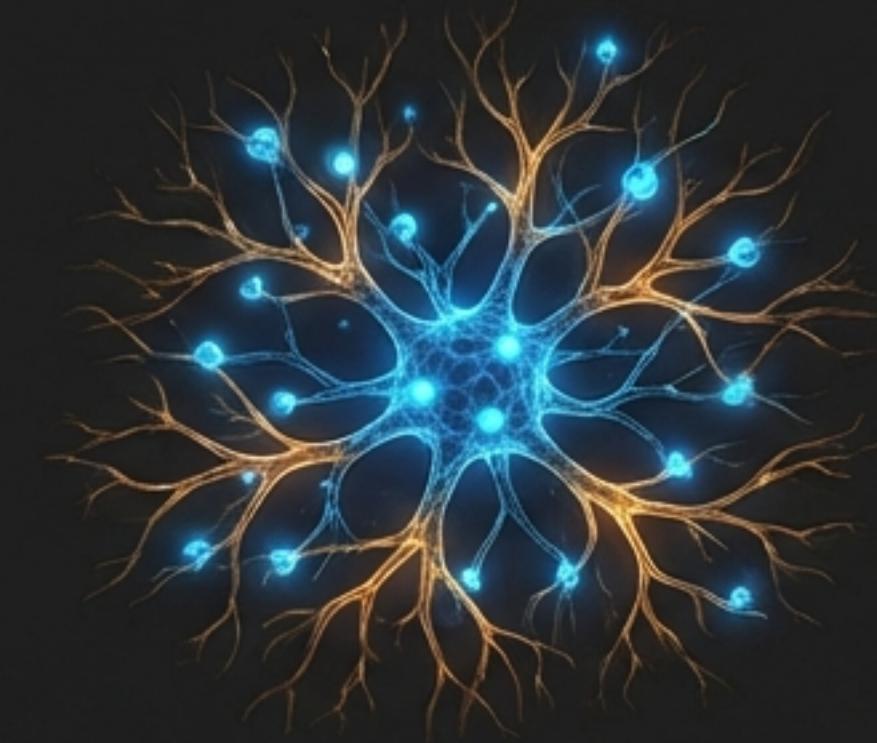
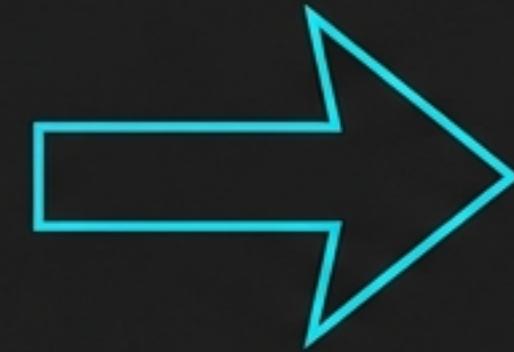
Der Schwarm lernt nicht nur WO die Ressourcen sind, sondern WIE man sie am effizientesten abbaut.

Die Anwendung: MycoDB

Organic Spatial Storage



Relationale Daten (Abstrakt)



Räumliche Objekte (Physisch)

Das Problem: SQL speichert verwandte Daten oft getrennt. JOINS sind teuer.

Die Lösung: Daten werden zu 'Nahrung'. Der Schwarm sortiert die Datenbank organisch.

Paradigm Shift: Von Listen zu Clustern im 2D-Raum.

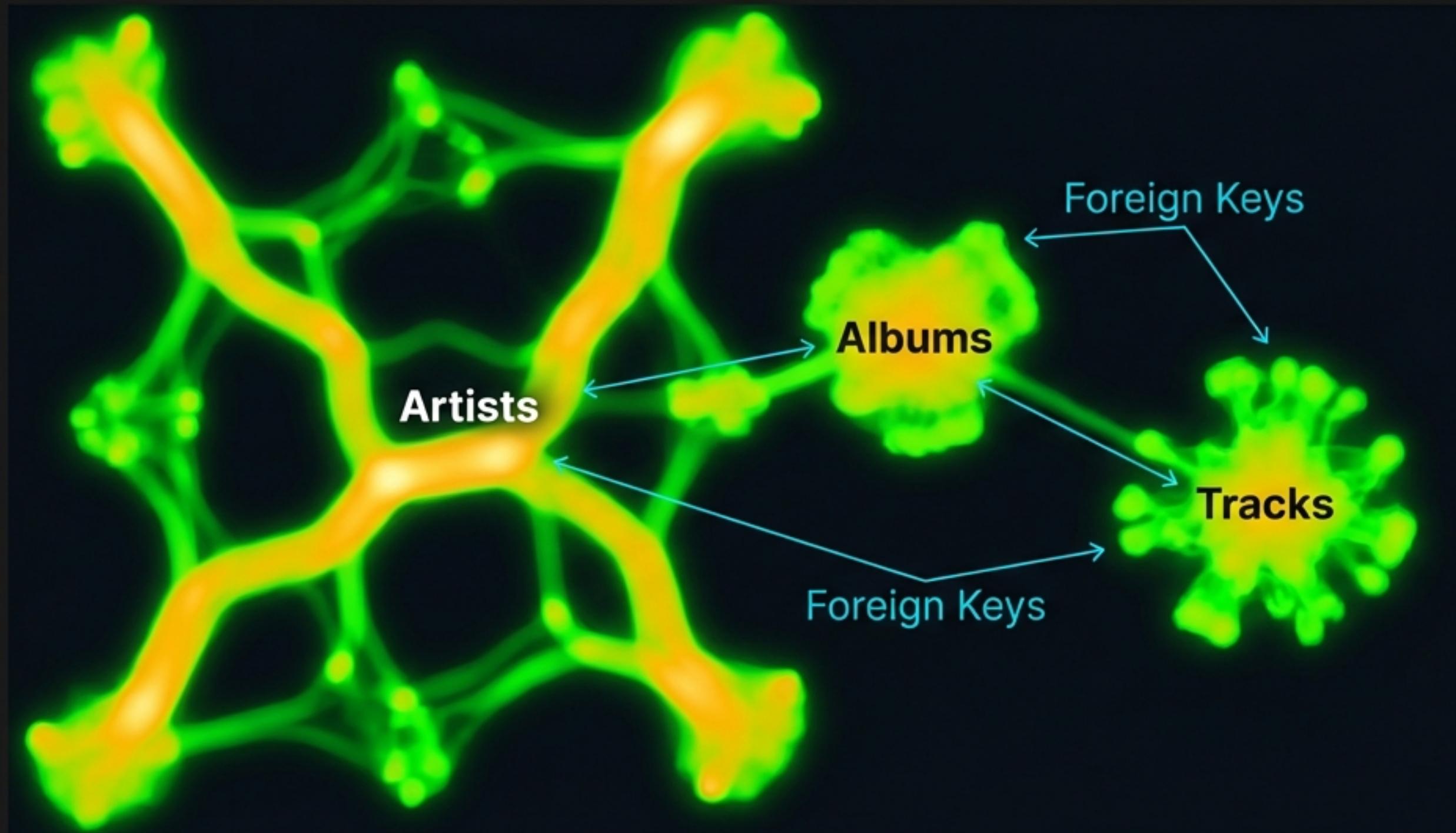
Biologisches Indexing: Wenn Tabellen wandern

SQL KONZEPT	BIOLOGISCHES ÄQUIVALENT
Row (Datensatz)	Payload (Physisches Paket)
Foreign Key (Relation)	Pheromon-Attraktion (Gravitation)
Table	Pheromon-Signatur (Duftnote)



Carrier-Agenten nehmen Daten auf und transportieren sie physisch zur 'Duftspur' ihrer verwandten Datensätze.

Emergenz im Datenspeicher



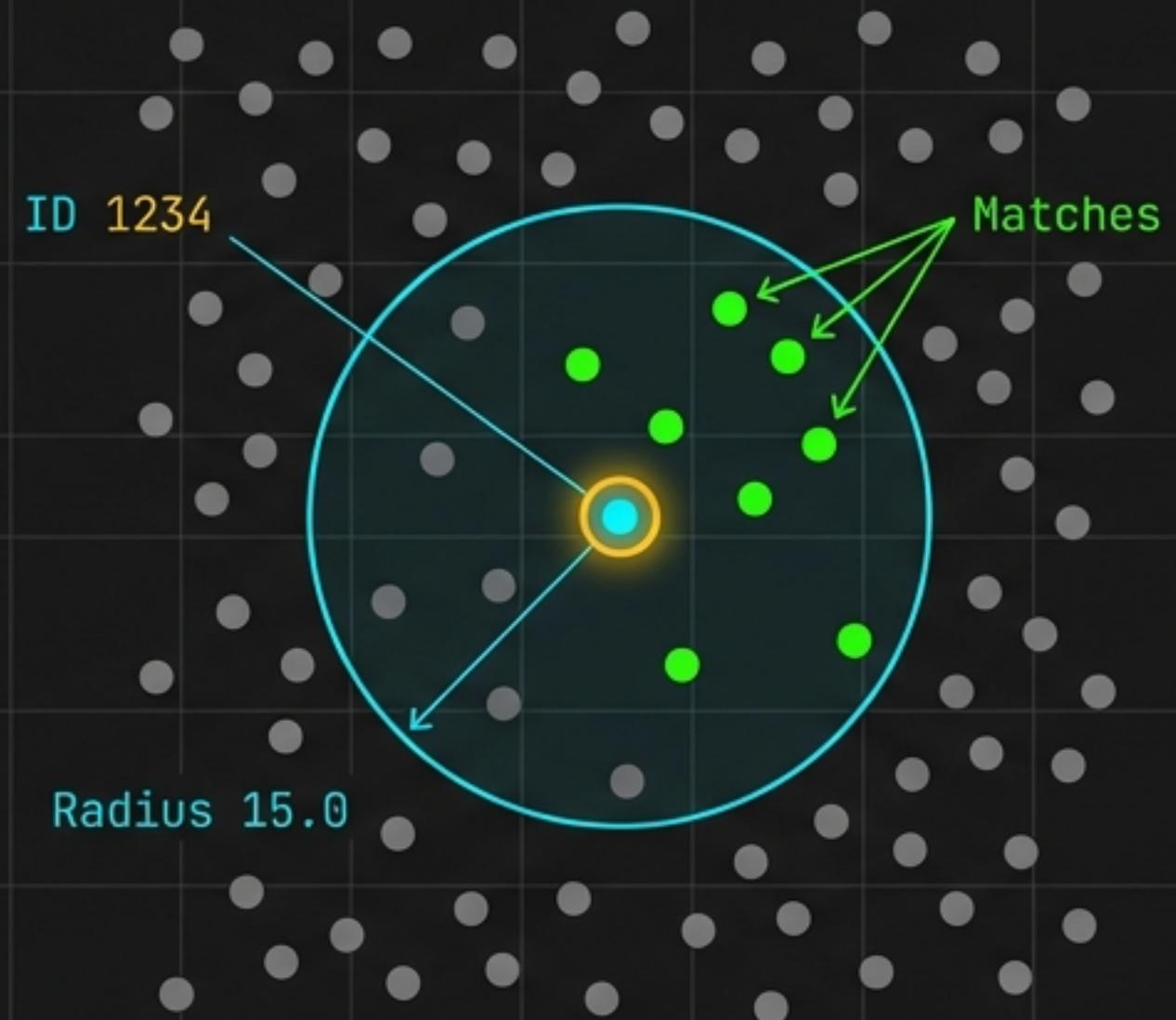
Selbstorganisation:
Nach der 'Ingestion Phase' bilden sich organische Cluster.

Physische Nähe:
Alle Alben eines Künstlers liegen nun räumlich um den Künstler herum.

Defragmentierung:
Die Datenbank räumt sich selbst auf, gesteuert durch Beziehungsstärke.

Spatial SQL: Abfragen mit Fokus & Radius

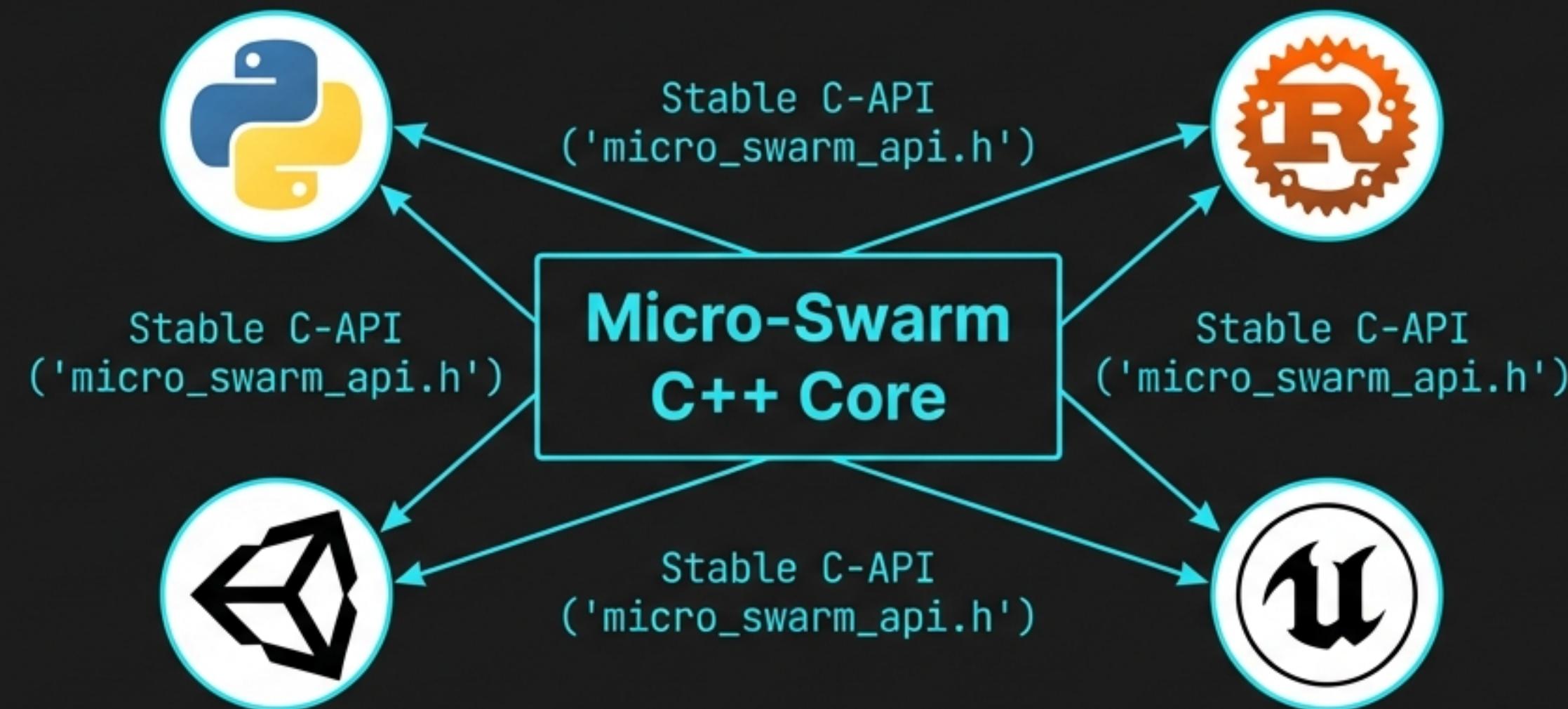
```
-- 1. Sprung zum Cluster (Artist)  
GOTO 1234;  
  
-- 2. Setzen des Suchradius  
RADIUS 15.0;  
  
-- 3. Lokale Abfrage (Hocheffizient)  
SELECT * FROM Album WHERE Year > 2020;
```



Man muss nicht suchen, wenn man schon dort ist.

0(1) Zugriffszeit im lokalen Kontext.

Die Architektur: High-Performance C++17 Core



Deterministisch

Seed-basierte Simulation für
reproduzierbare Wissenschaft.

OpenCL GPU

Massive Parallelisierung der
Diffusions-Felder.

Pipeline

Headless Batch-Mode für
automatisierte Reports.

Integration: Überall Einbettbar

Python (ctypes)

```
lib = ctypes.CDLL("./micro_swarm.dll")
```

Unity (C#)

```
[DllImport("micro_swarm")]
static extern IntPtr ms_create(...);
```

Rust (FFI)

```
extern "C" {
    fn ms_create(...) -> Handle;
}
```

Unreal (C++)

```
FPlatformProcess::GetDllHandle(TEXT
("micro_swarm.dll"));
```

Format: Native DLL / .so Shared Object. Interface: Stabile C-API.

Anwendungsfälle & Use Cases



Dynamische Spielwelten

Organische NPC-Ökosysteme & RTS-Ressourcen.



Smart Inventory

Inventare, die sich nach Item-Beziehungen selbst sortieren.



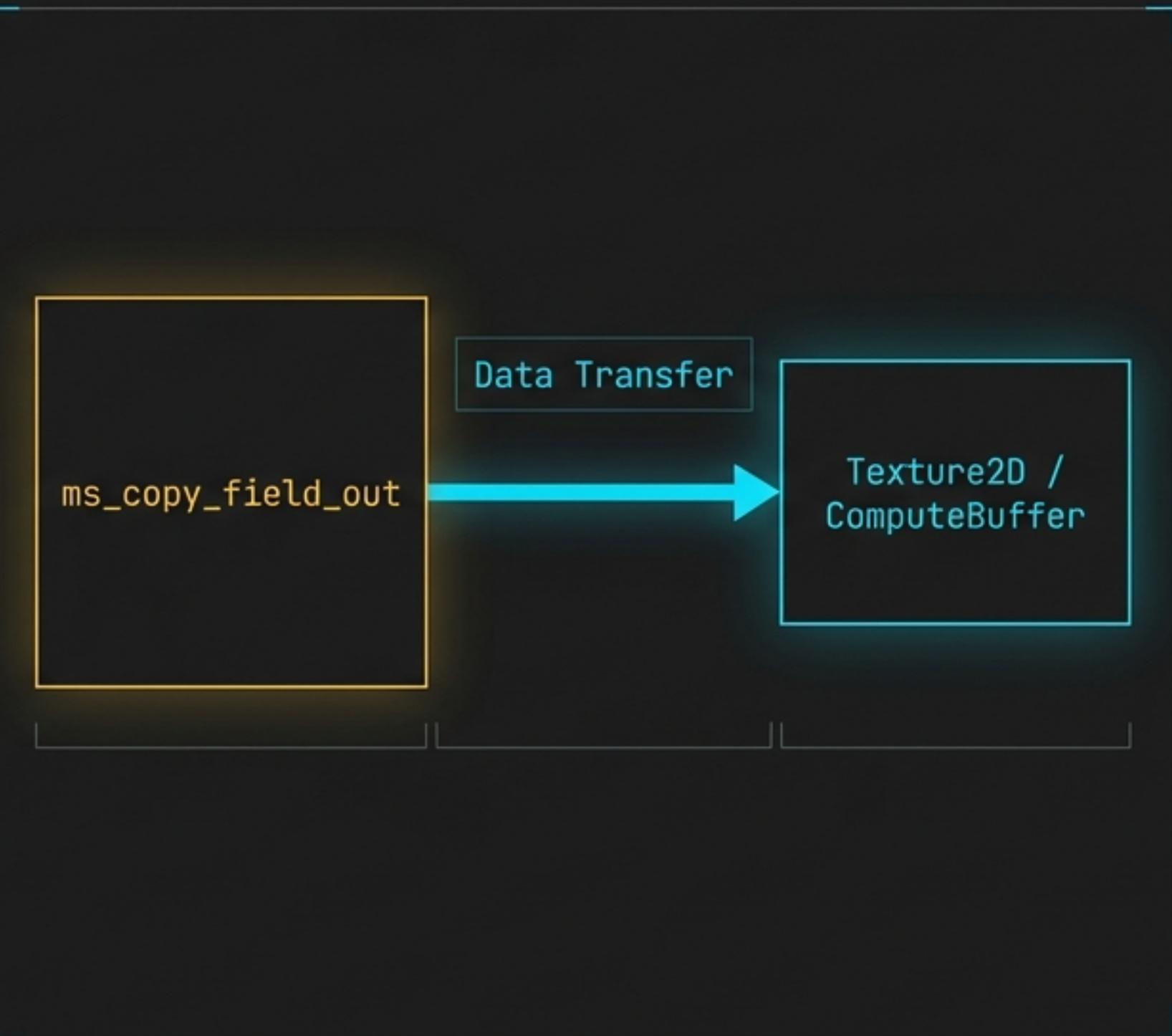
Visual Analytics

Clustering hochdimensionaler Daten.



Simulation

Experimentelle Forschung im Bereich Artificial Life.



Zusammenfassung & Ausblick



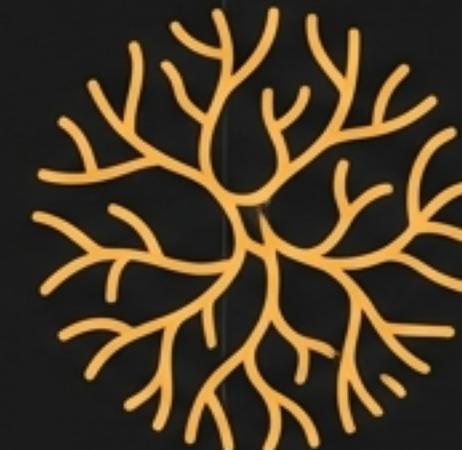
Inter Vision:

Komplexe Anpassung
ohne neuronale Netze.



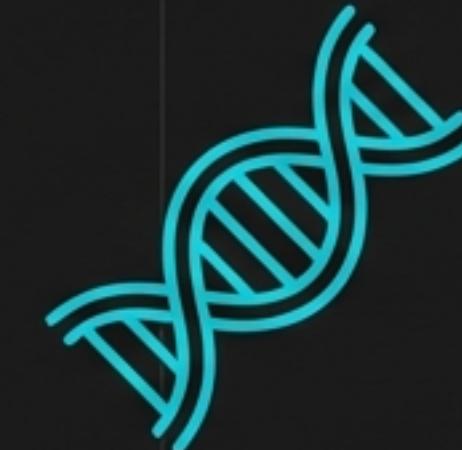
Inter Beweis:

Micro-Swarm zeigt
Resilienz, Wundheilung
und Evolution.



Inter Innovation:

MycoDB überträgt
Schwarmintelligenz auf
Datenspeicherung.



Inter Werkzeug:

Eine stabile C++ Engine
für Experimente.

Ein Labor für emergente Komplexität.