WARNUNG

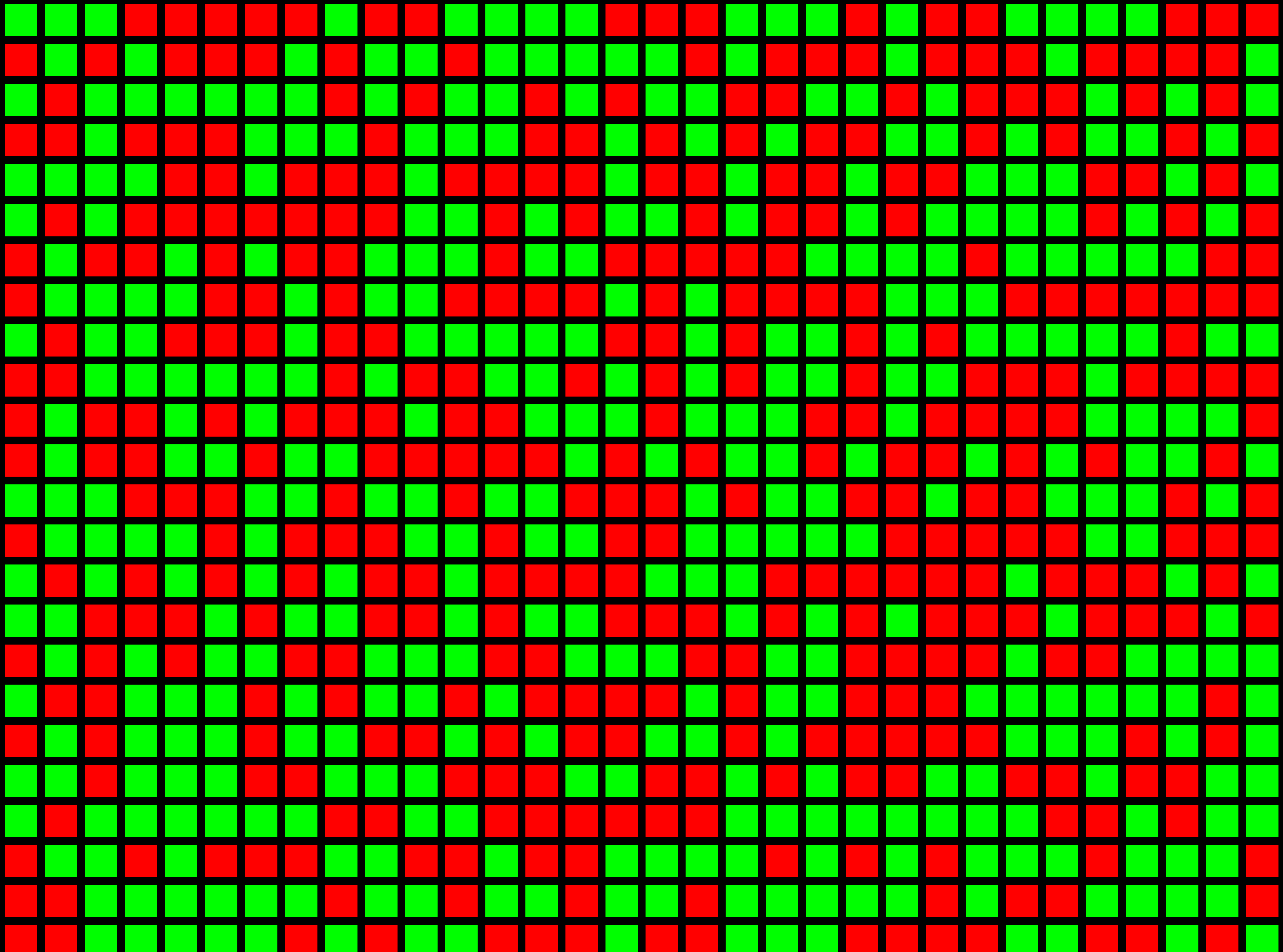
Diese PDF-Folien stellen nur eine lineare Version der eigentlich interaktiven Präsentation dar.

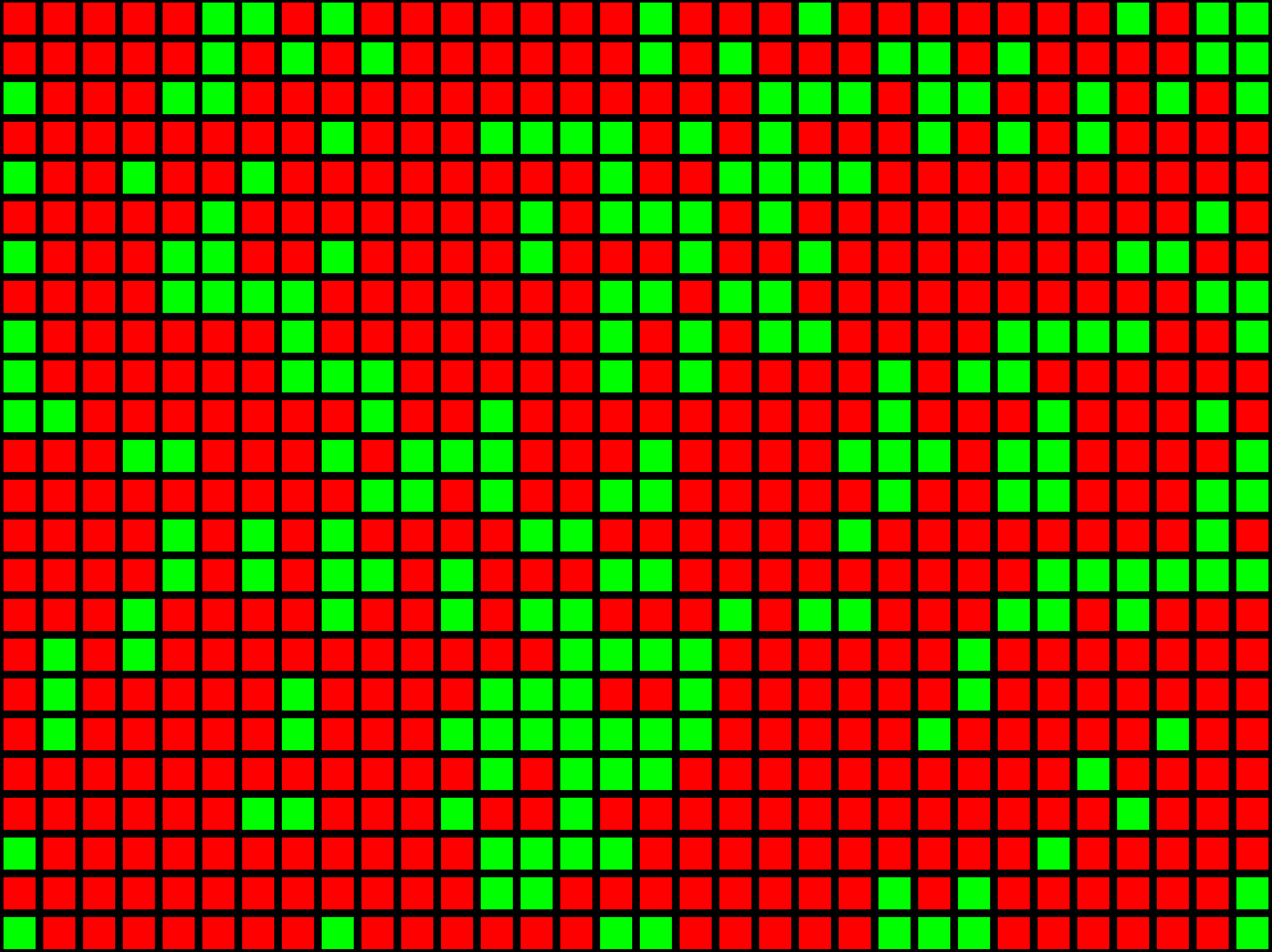
Nach Möglichkeit wird zur Verwendung der Java-basierten Version geraten.

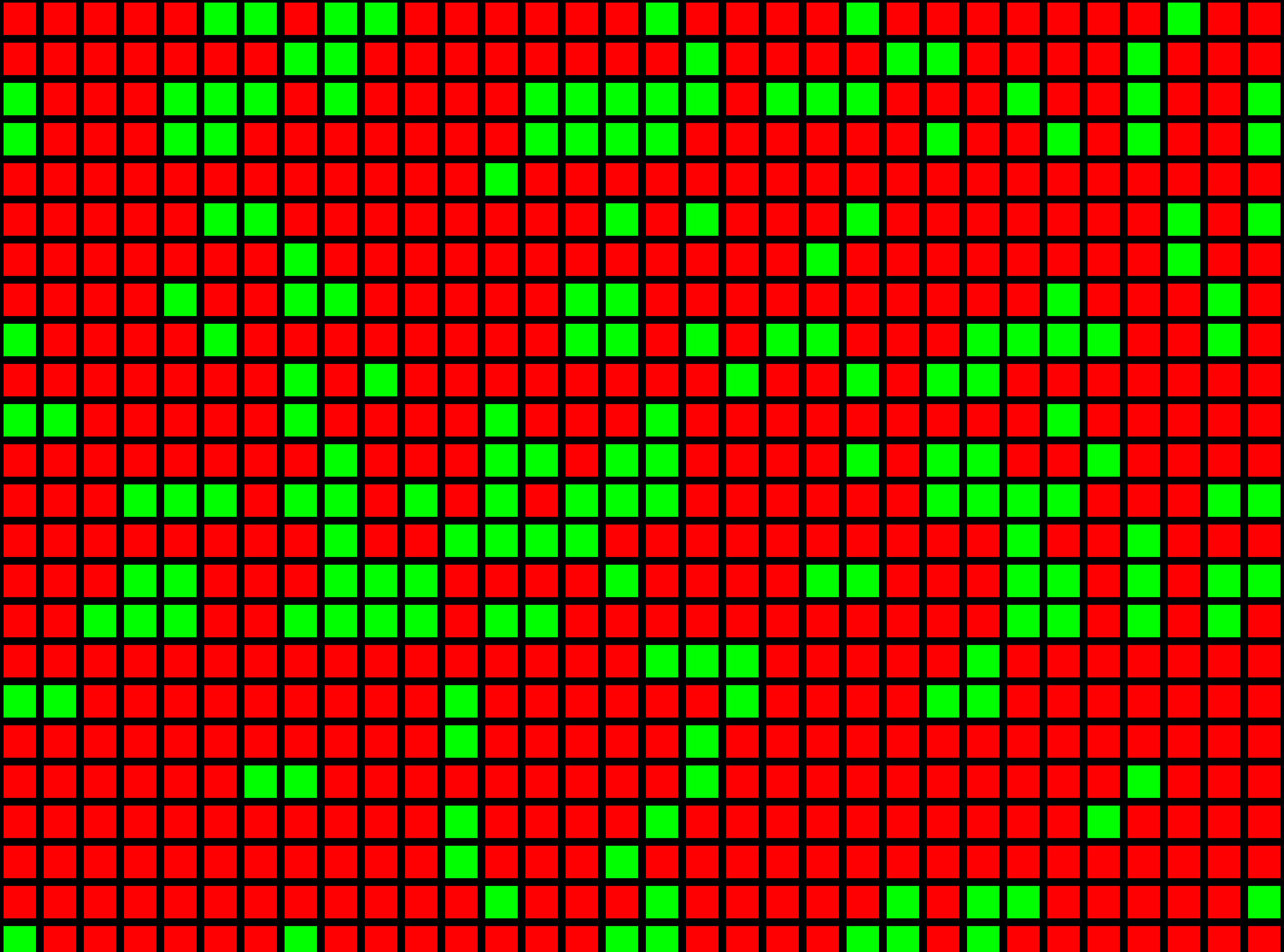
Zelluläre Automaten

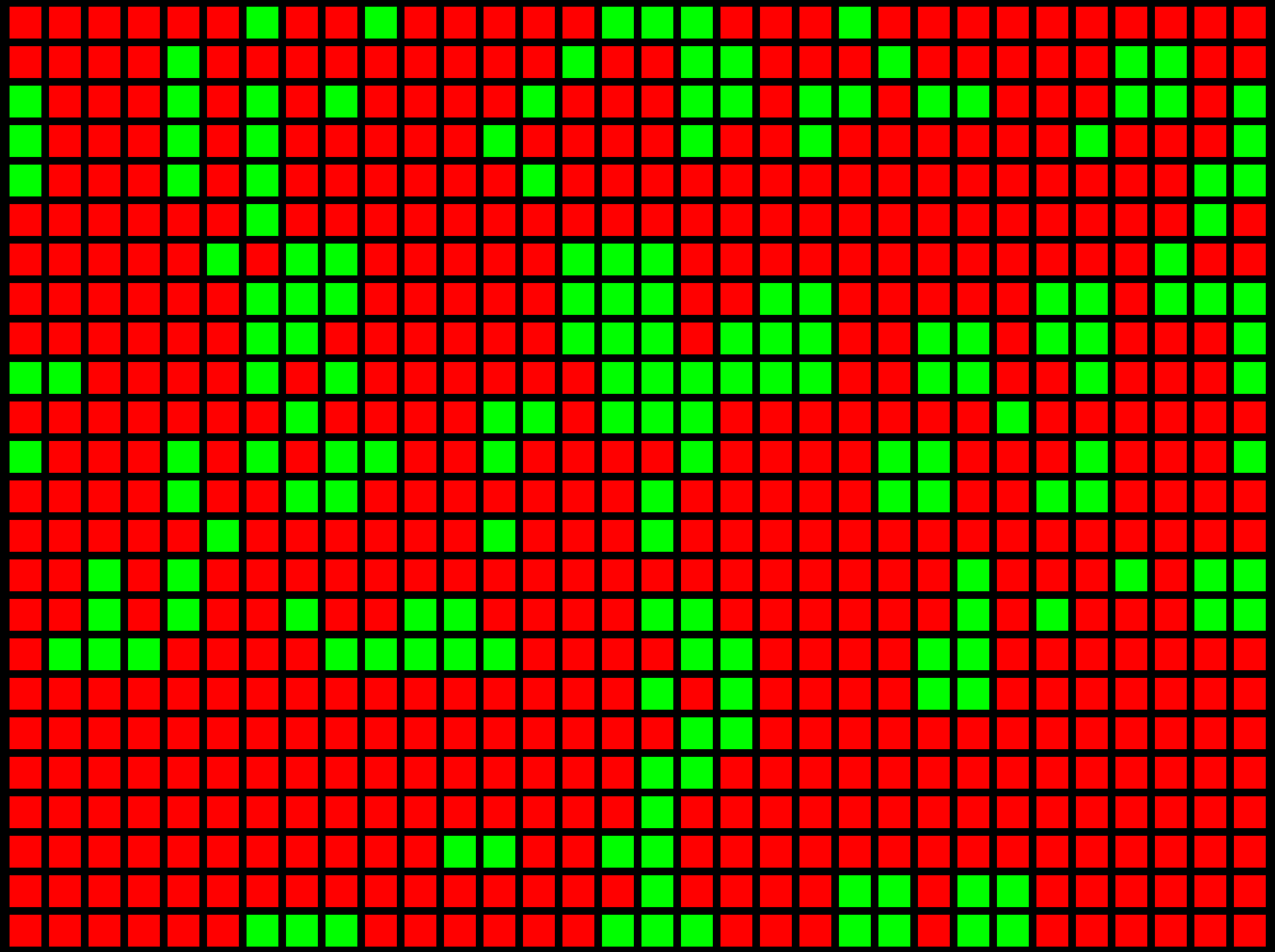
Überblick:

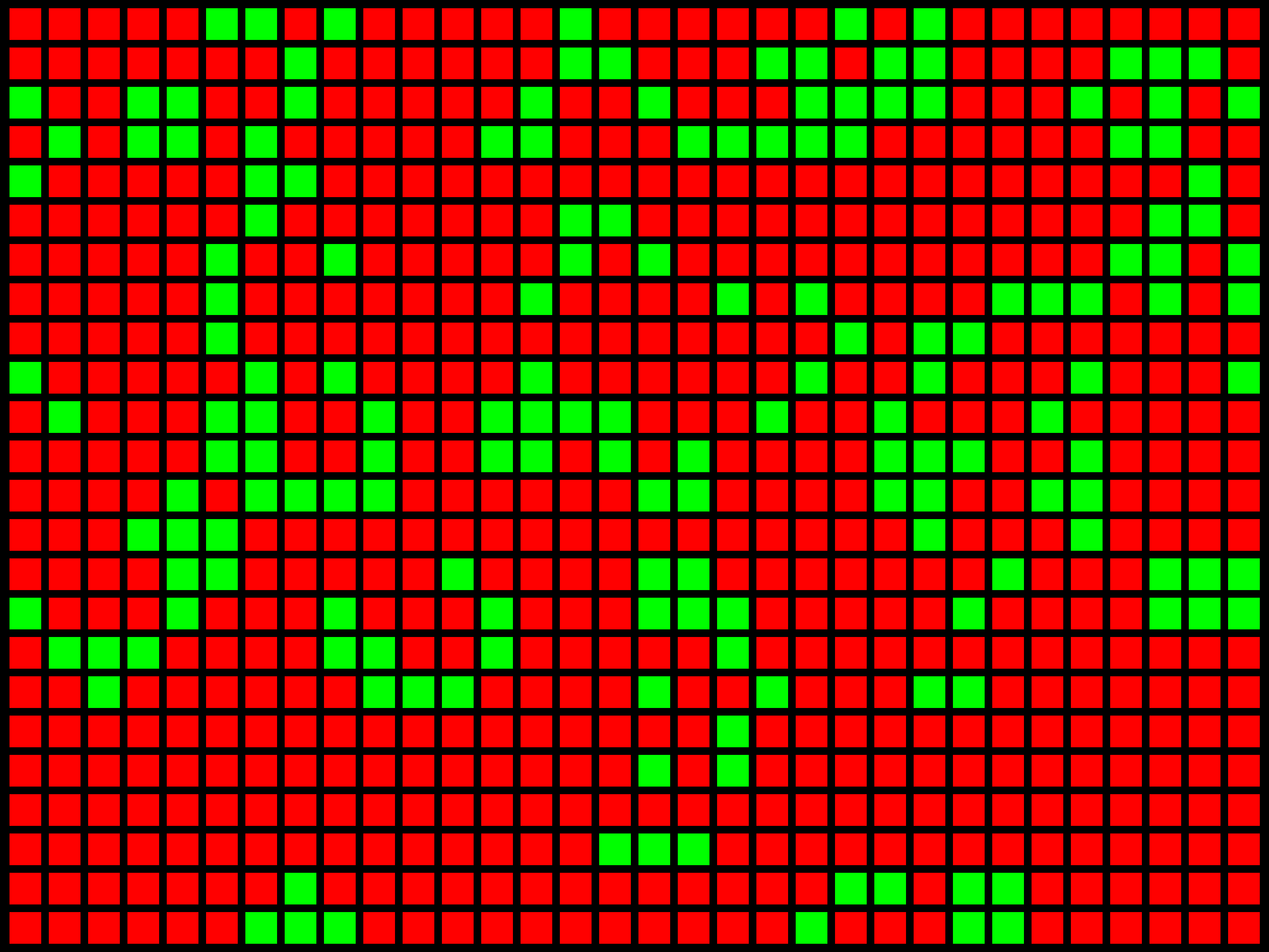
- Definition
- Geschichtlich wichtige Personen
- Anwendungen
- Charakteristika
- Eigenschaften
- Beispiele











Definition (lt. von Neumann)

- Netzwerk aus interagierenden Zellen
- Zelle kann einen von n möglichen Zuständen annehmen
- konkrete Zeitdynamik

Der nächste Zellzustand ist jeweils abhängig von den aktuellen Zuständen der Nachbarzellen

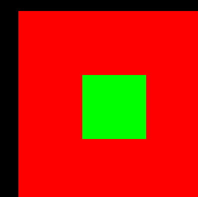
Formale Beschreibung

- ein Raum R
- eine endliche Nachbarschaft N
- eine Zustandsmenge Q
- eine Überführungsfunktion $\delta: Q^N \rightarrow Q$

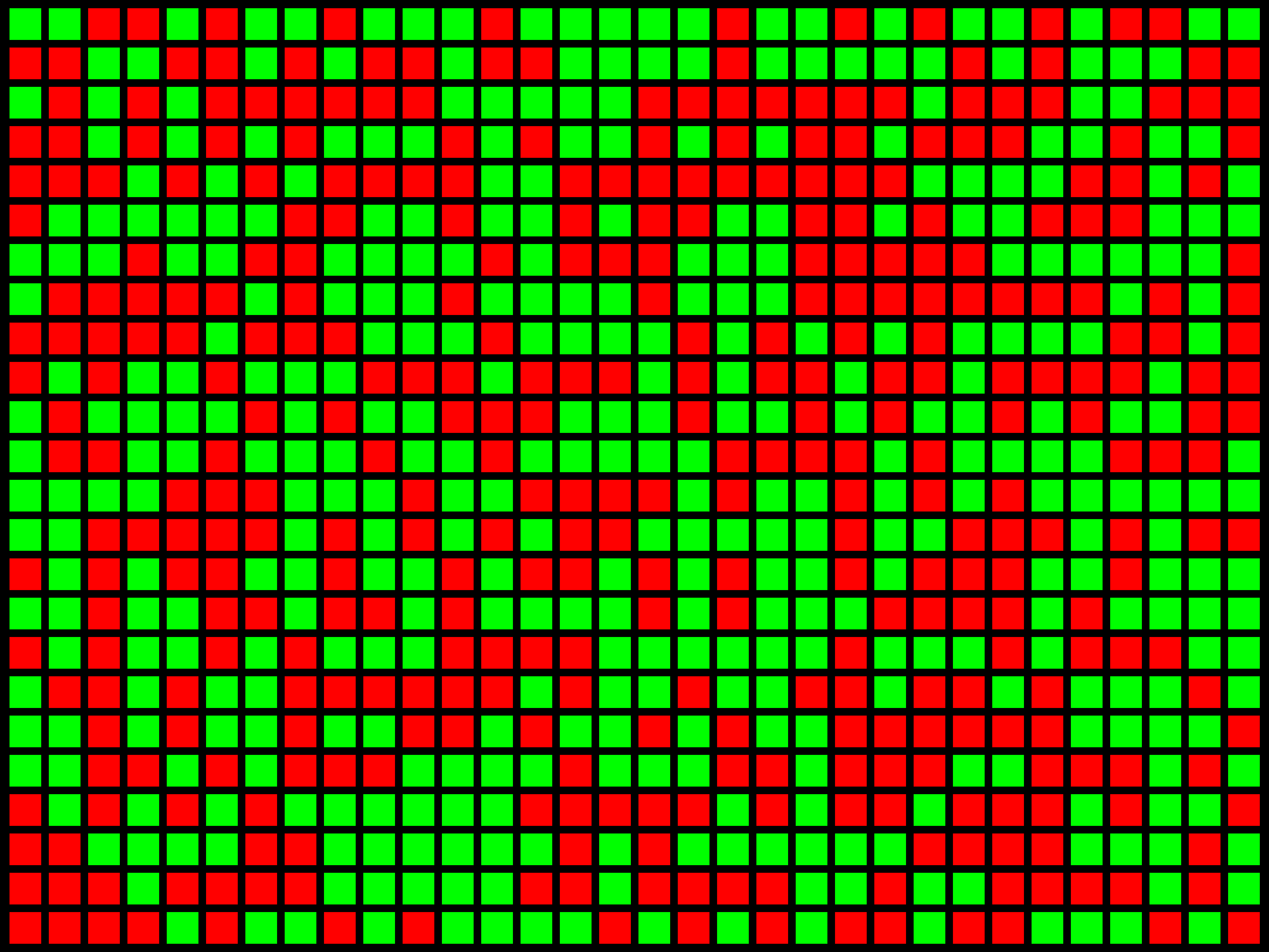
GAME OF LIFE

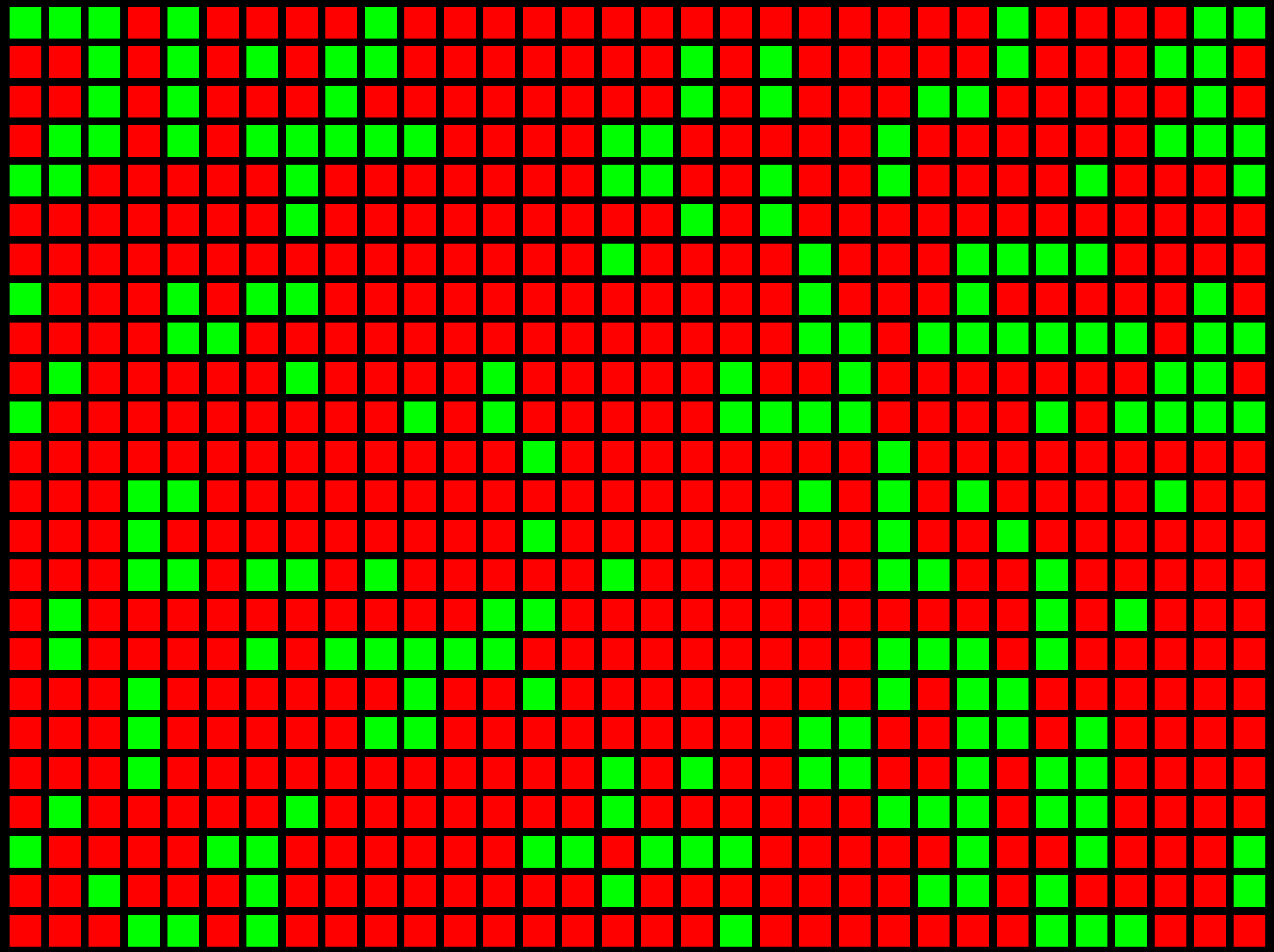
2 Zustände: tot lebendig

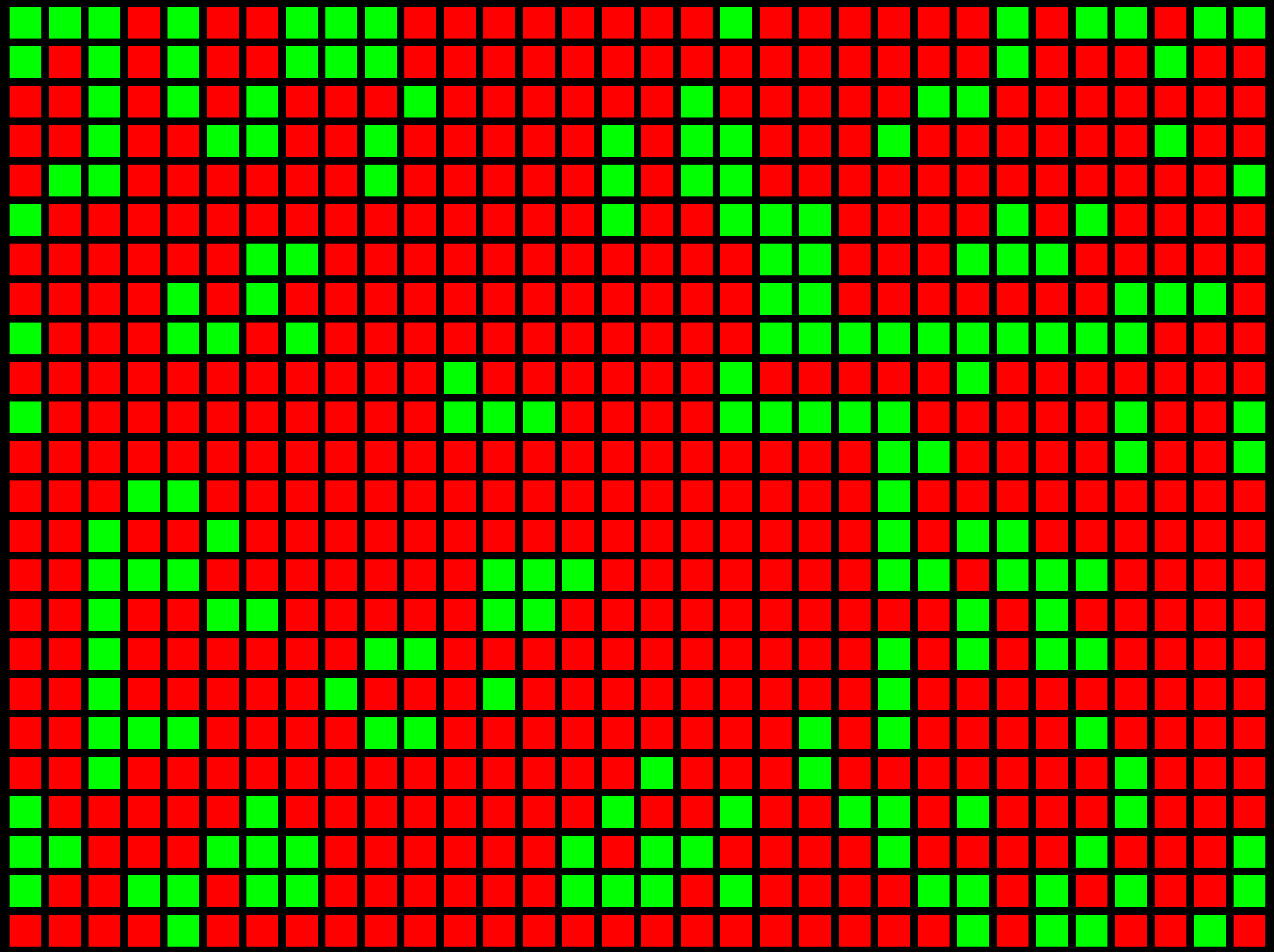
Moore Nachbarschaft:

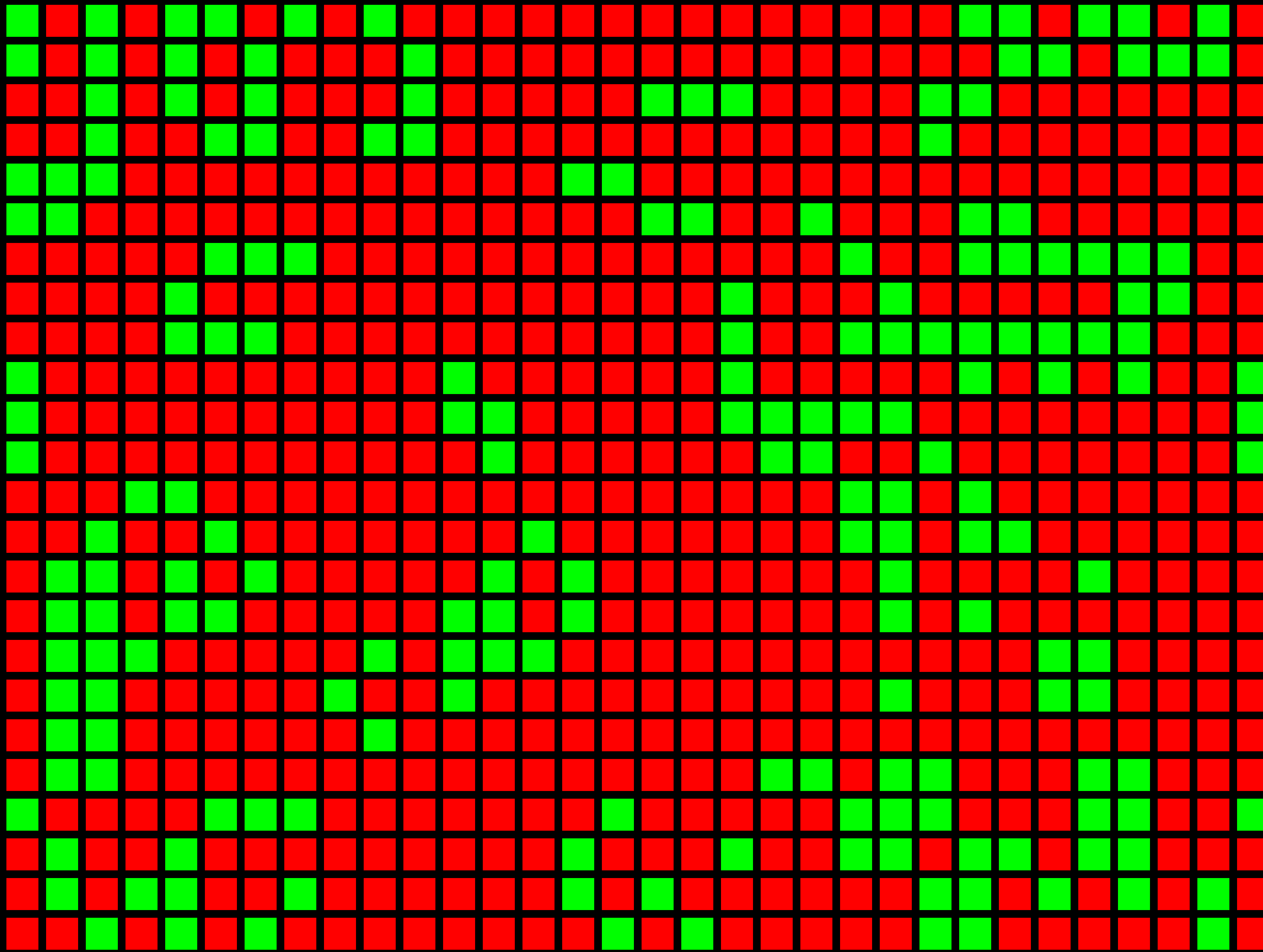


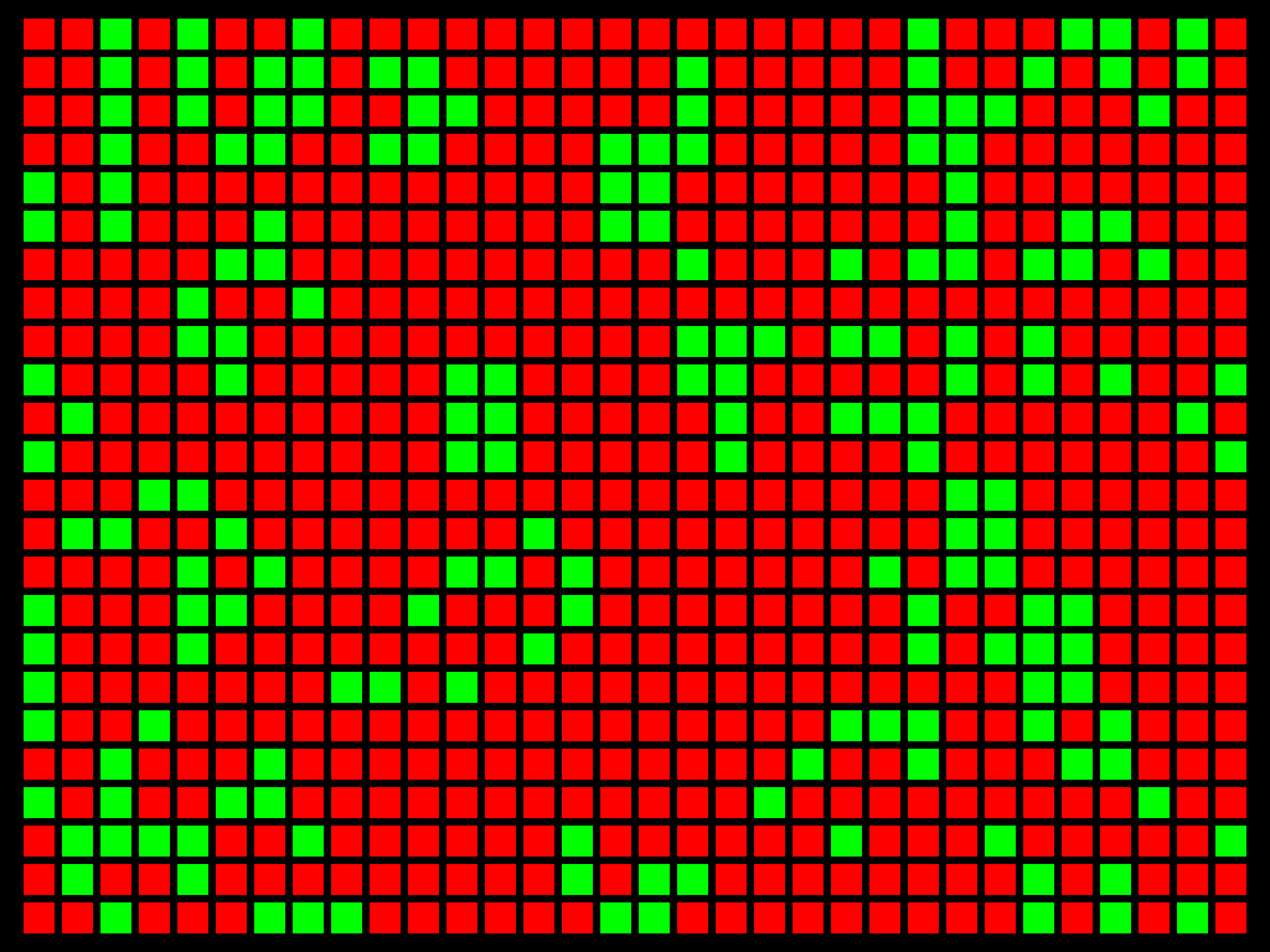
Eine Zelle ist zum Zeitpunkt n+1 lebendig, wenn genau 3 ihrer Nachbarn, sie selbst eingeschlossen, zum Zeitpunkt n lebendig sind. Ansonsten ist sie zum Zeitpunkt n+1 tot.











Geschichtlich wichtige Personen

- Stanislaw Marcin Ulam
- John Von Neumann
- Aristid Lindenmayer
- Konrad Zuse
- John Horton Conway
- Stephen Wolfram

Anwendungen

Untersuchung von Interaktionen oder Modellierung räumlicher Dynamiken

- Emissionsausbreitungsmodelle
- Ausbreitung von Waldbränden
- Modelle städtischem Bevökerungswachstums
- Interaktion von Pflanzen mit ihrer Umwelt
- uvm.

Charakteristika

- Geometrie des Zellraumes
- Regelwerk
- Zustände
- Nachbarschaften

Geometrie

- verschieden viele Dimensionen
(meist 1-, 2- oder 3-dimensional)

- Anordnung: rechteckig, hexagonal, dreieckig ...

- endlicher oder unendlicher Raum

Randzellen

0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	0	0	0

vordefinierte Nachbarn

6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3

periodische Lösung

3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	8	7	6

symmetrische Lösung

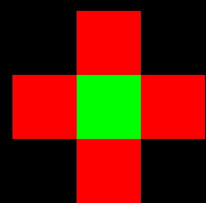
Regelwerk

- steuert Veränderungen
- deterministische Regeln

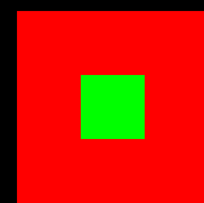
Zustände

- Anzahl hängt vom Problem ab
- polygene Automaten

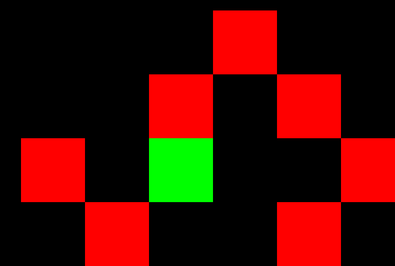
Nachbarschaften



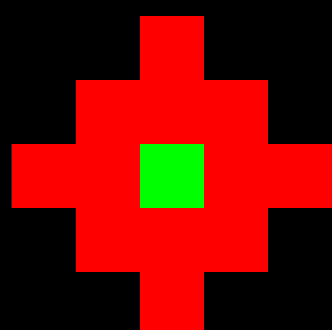
Von Neumann



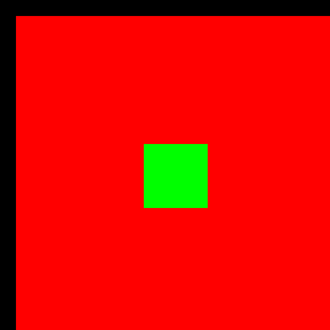
Moore



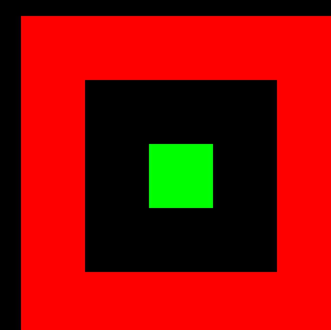
beliebig



Von Neumann erweitert



Moore erweitert

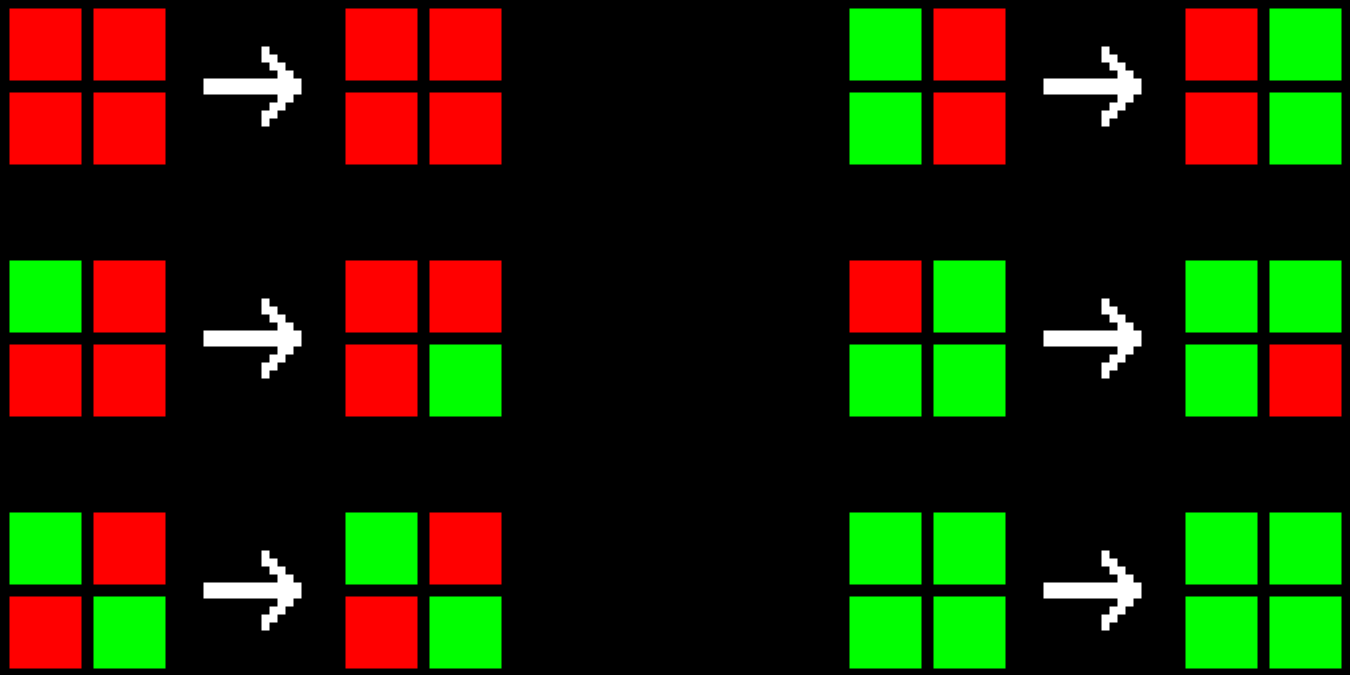


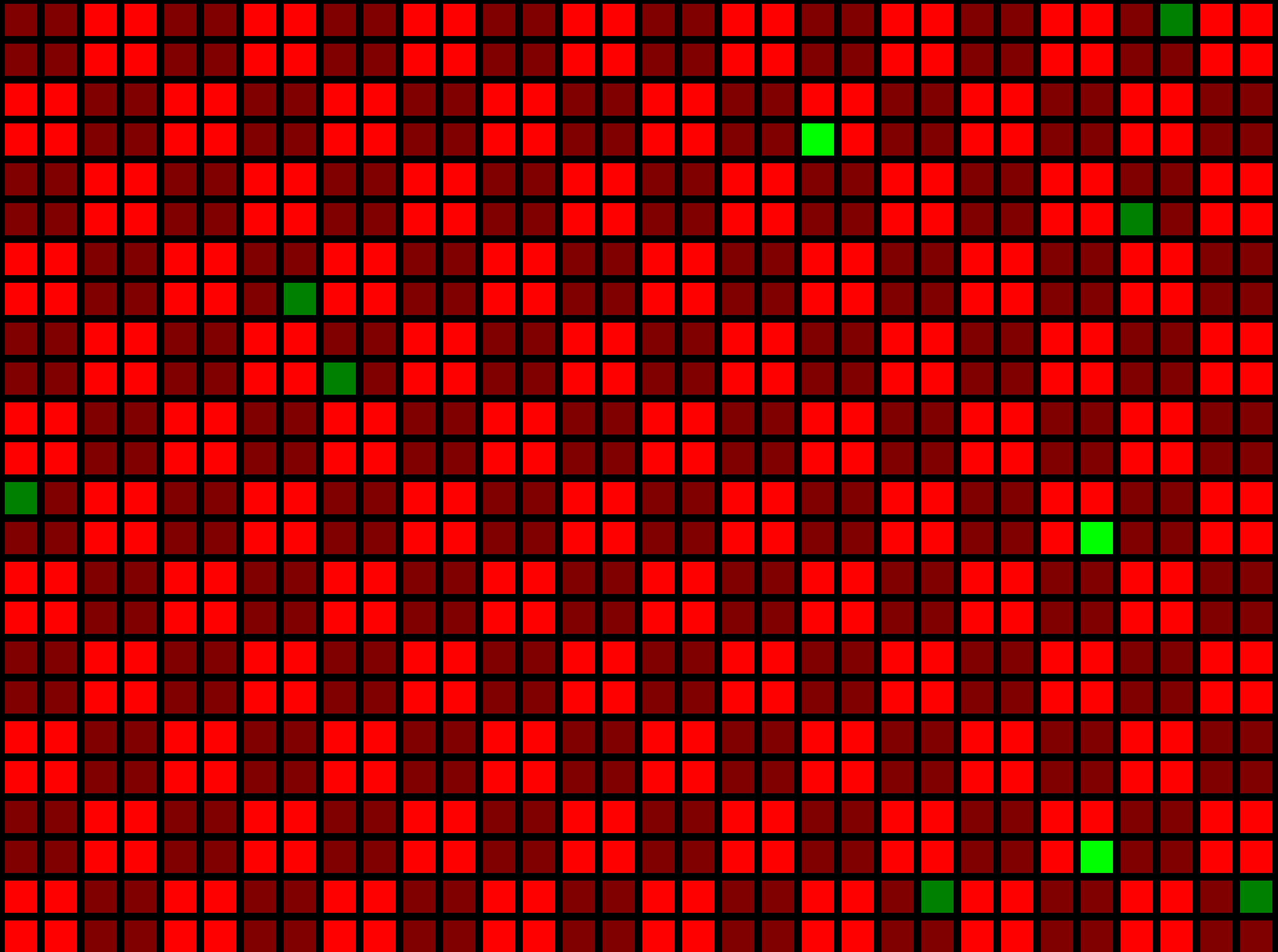
Donut

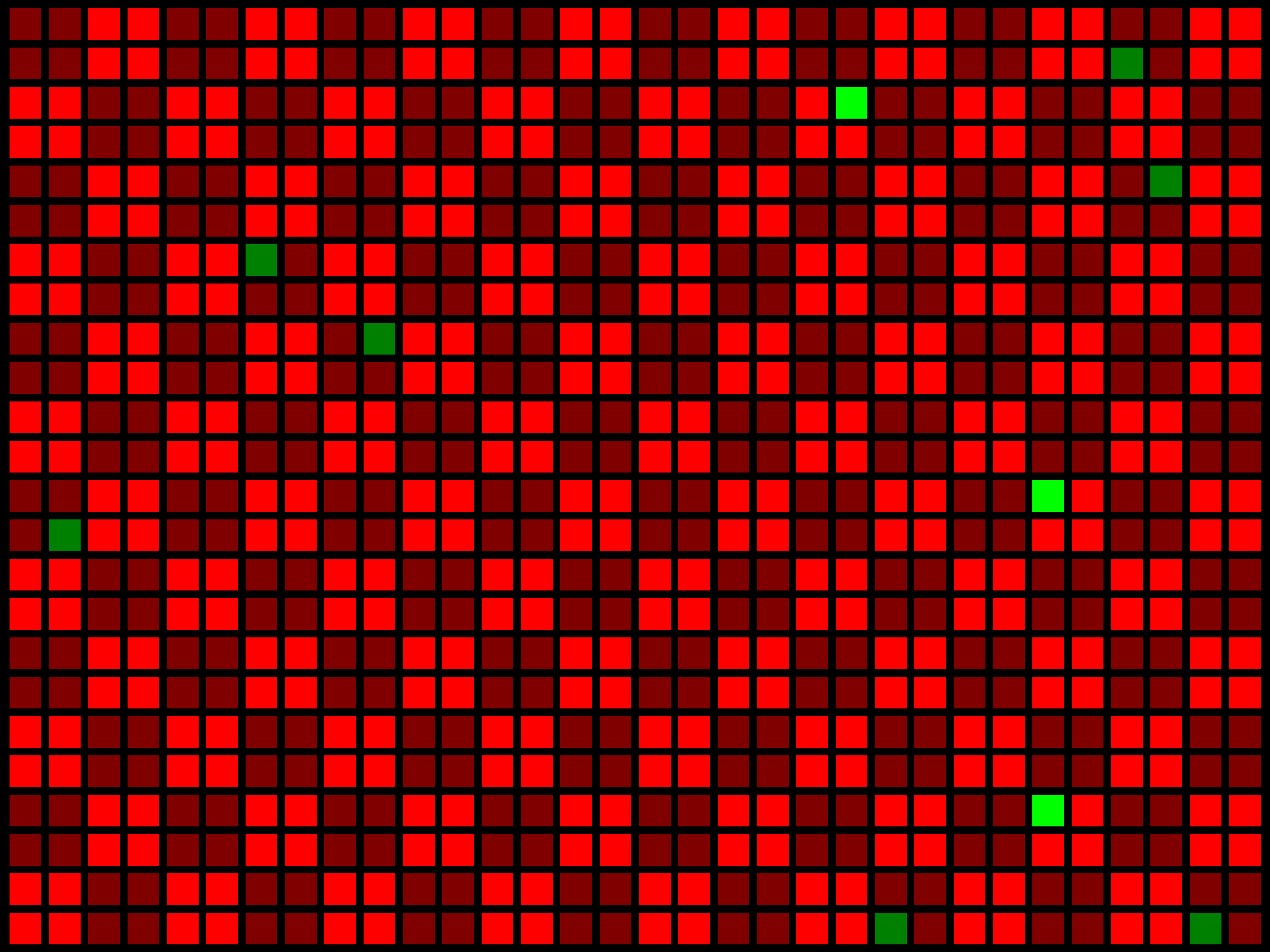
Blocknachbarschaft

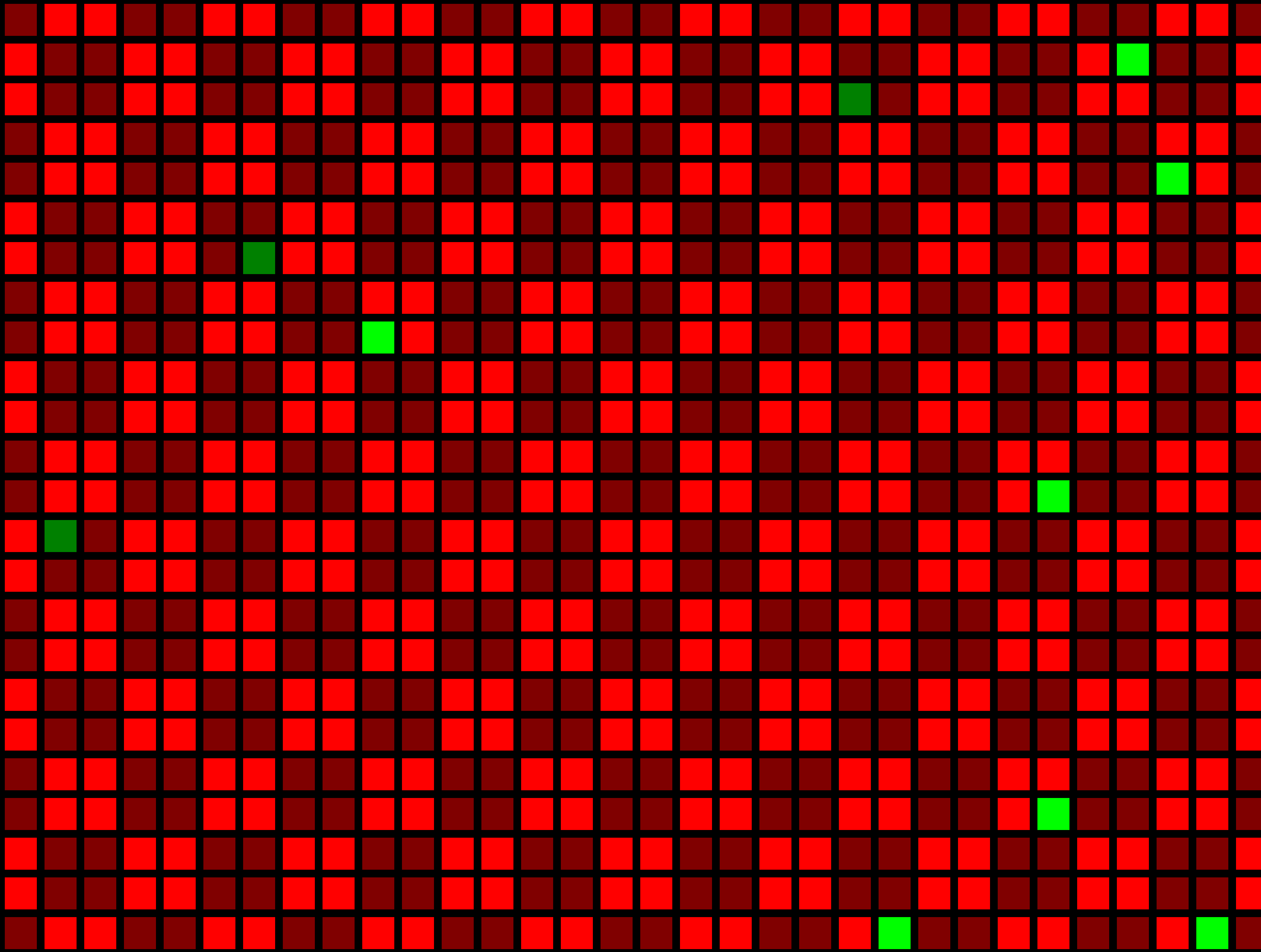
- Zellraum wird in Blöcke eingeteilt
- Einteilung wechselt bei jedem Schritt
- Margolus-Nachbarschaft (Blockgröße 2x2)

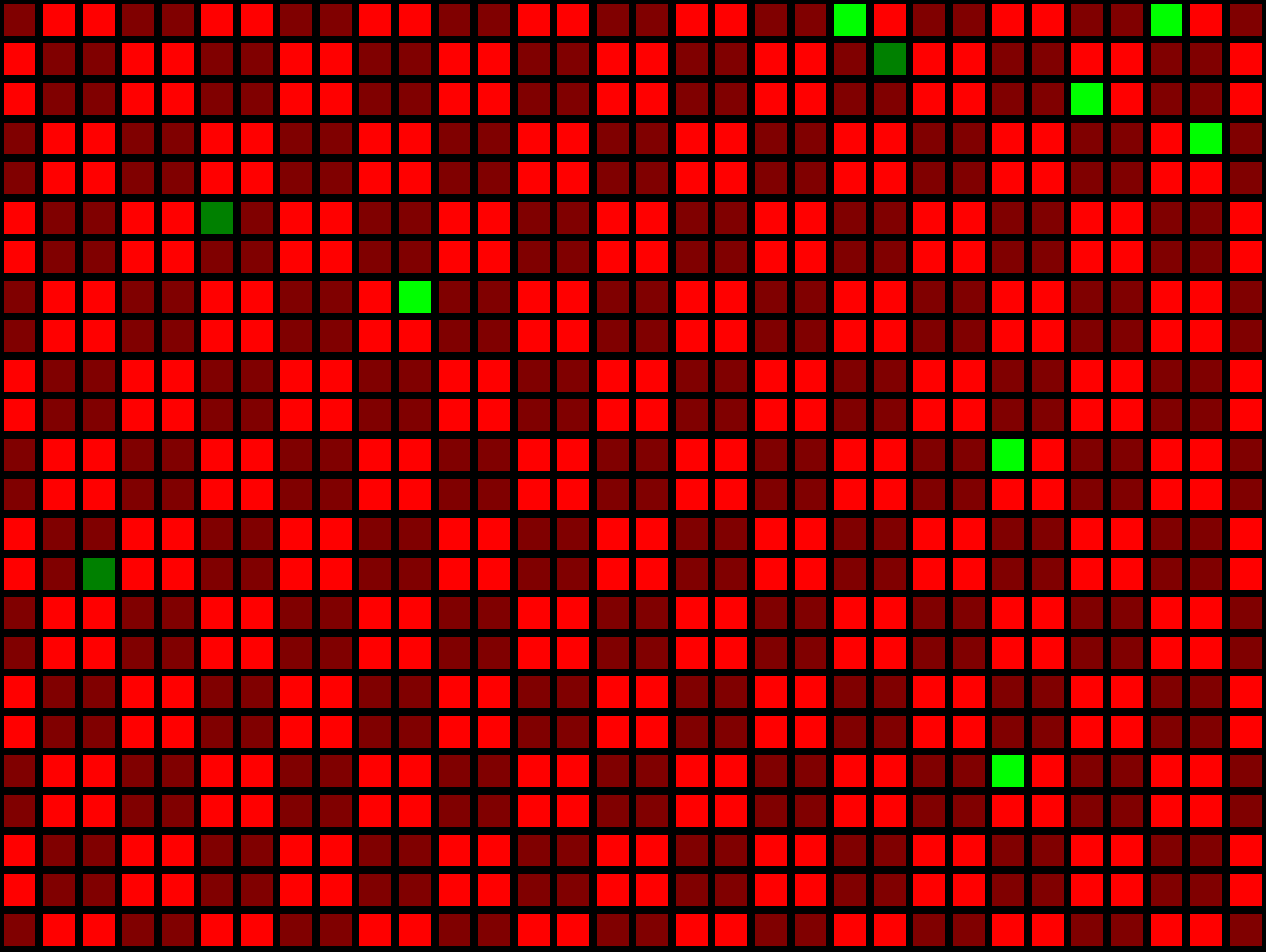
SWAP-ON-DIAG

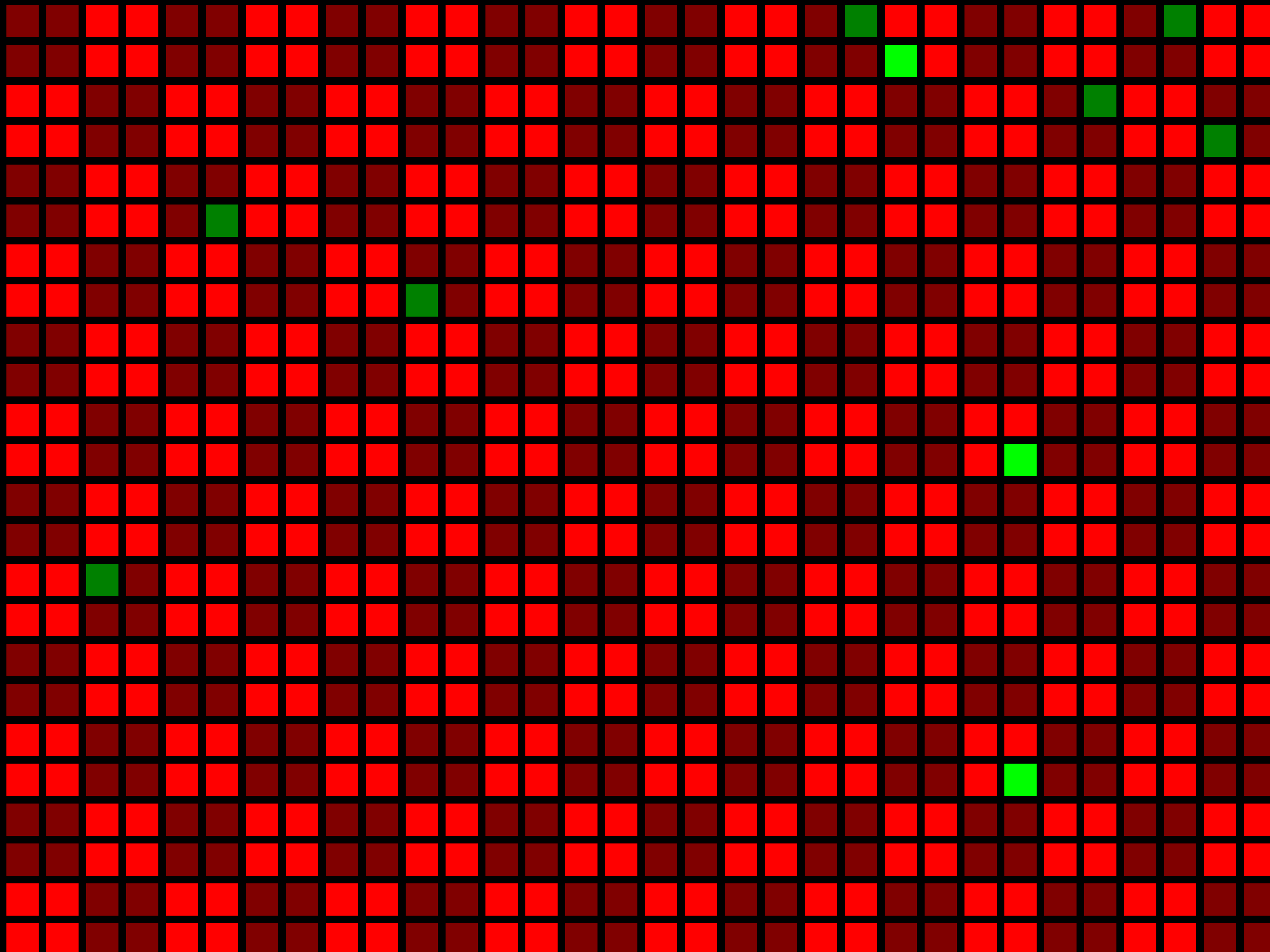


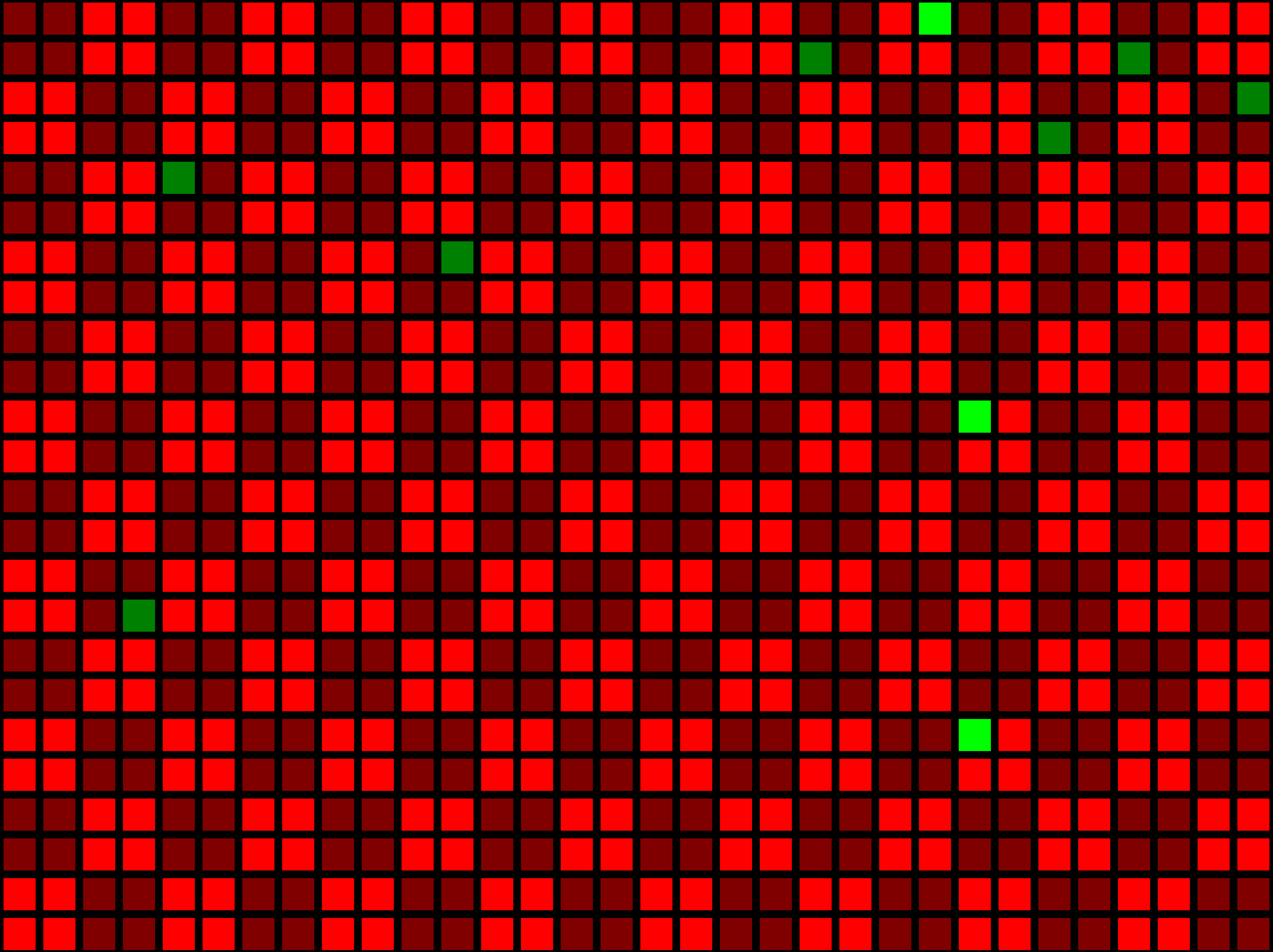


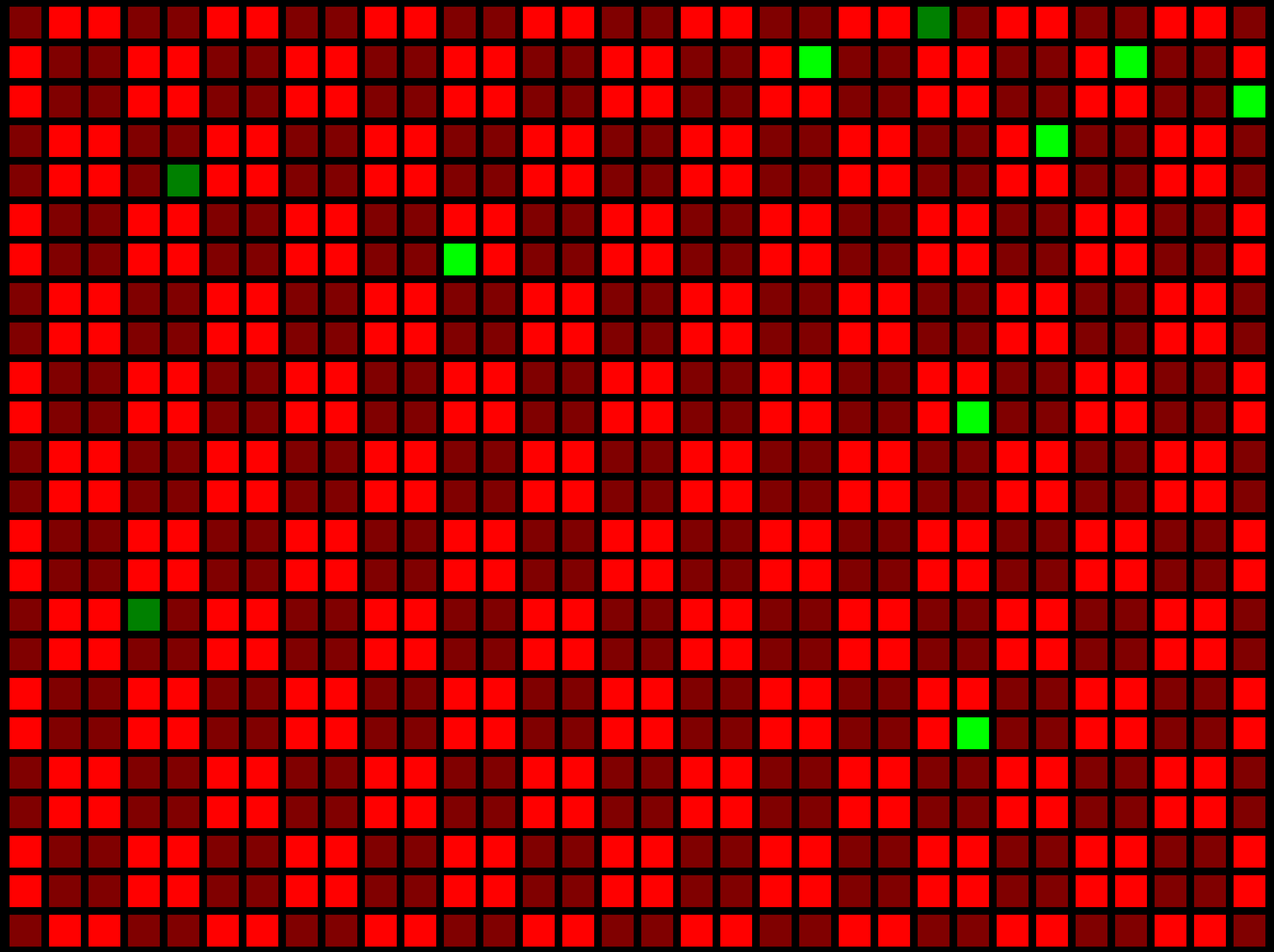


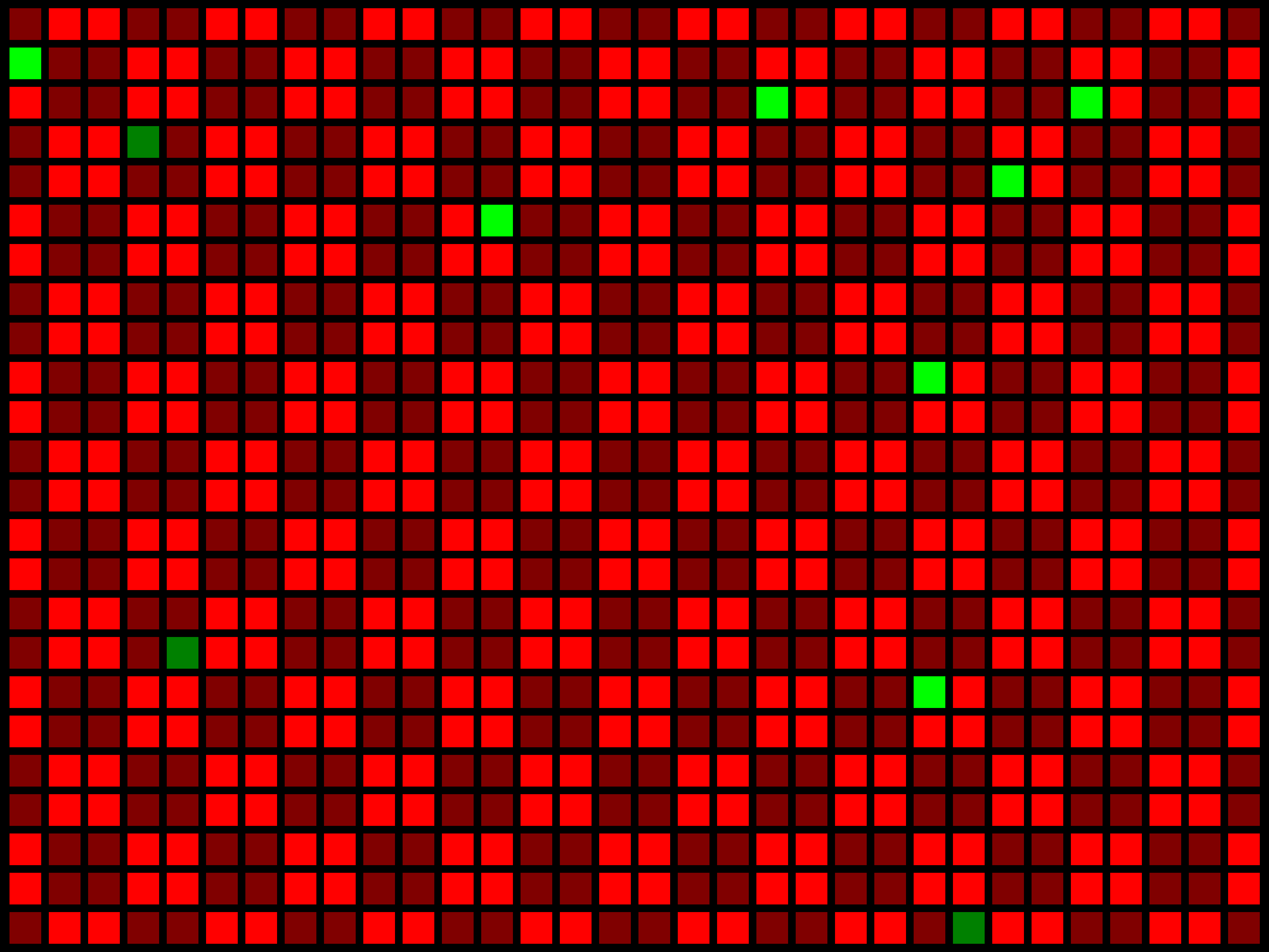


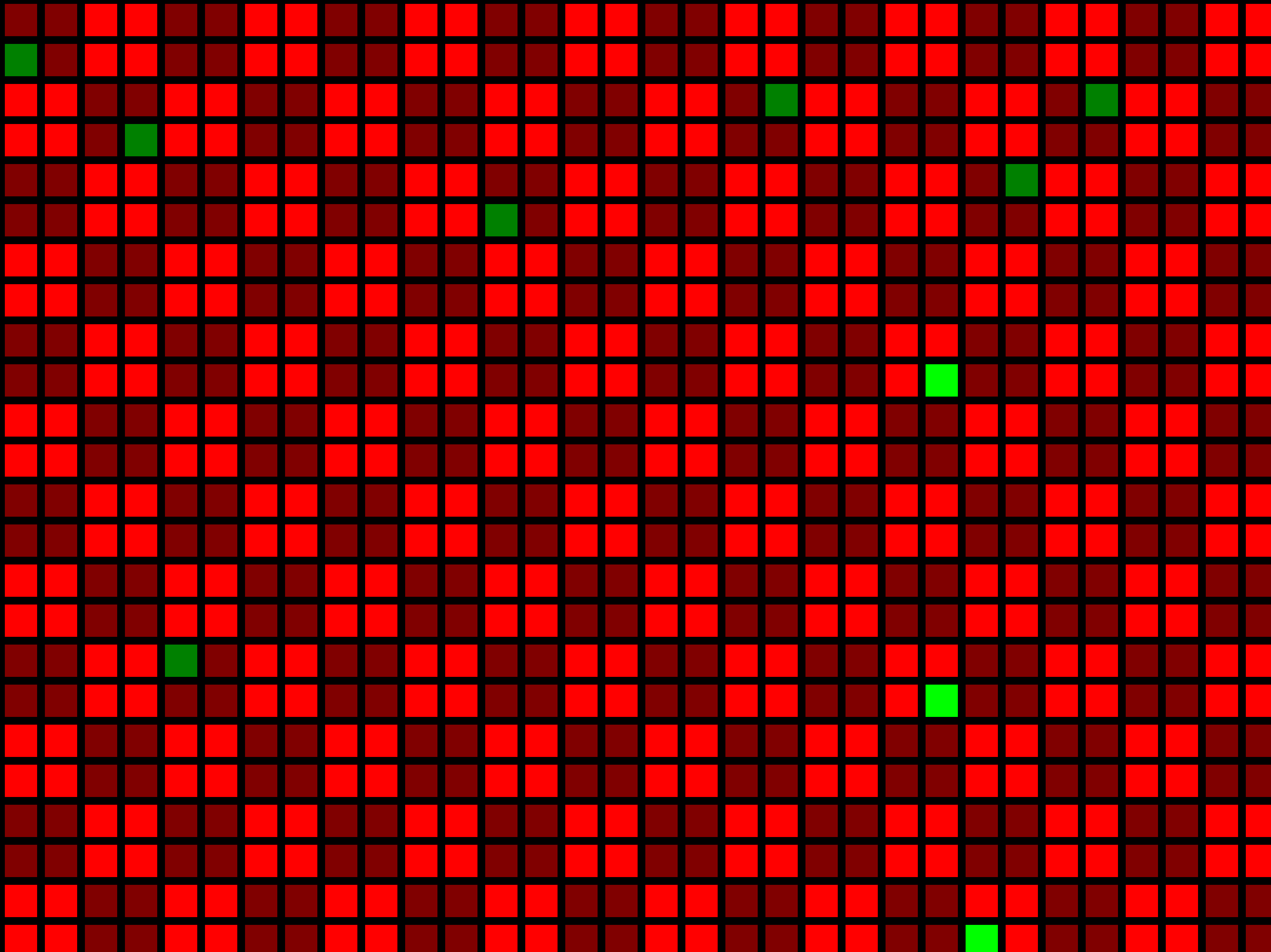


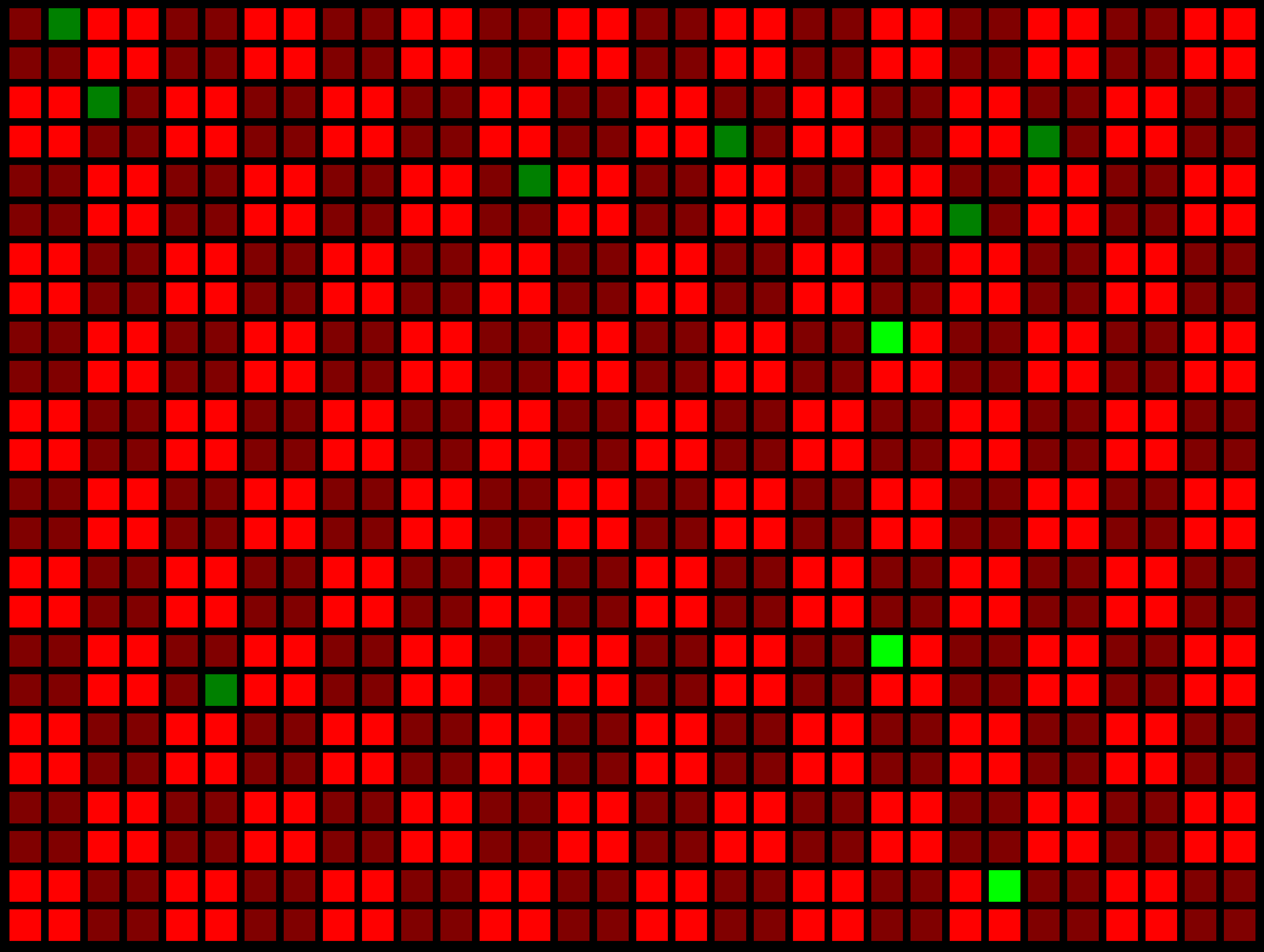


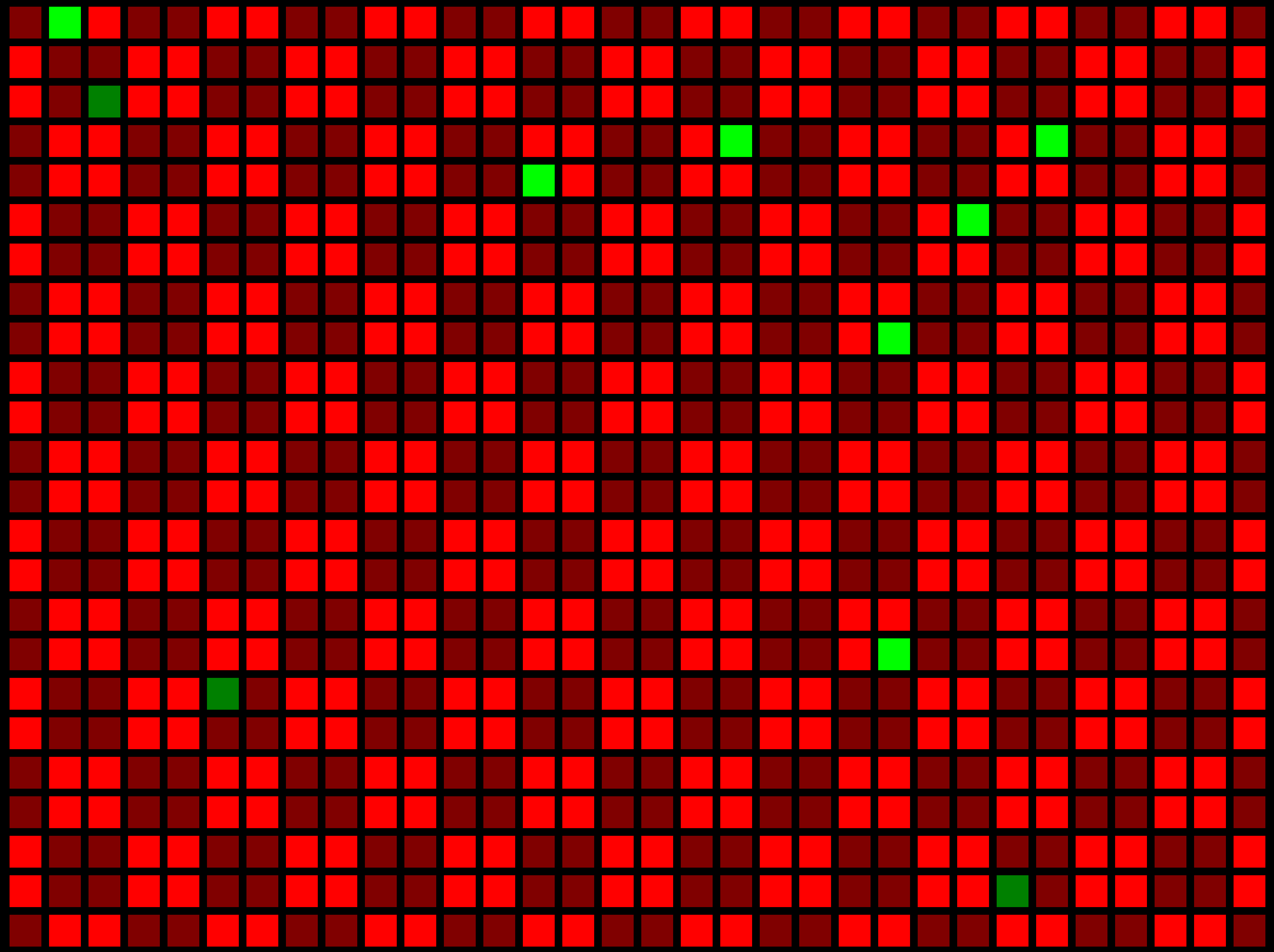


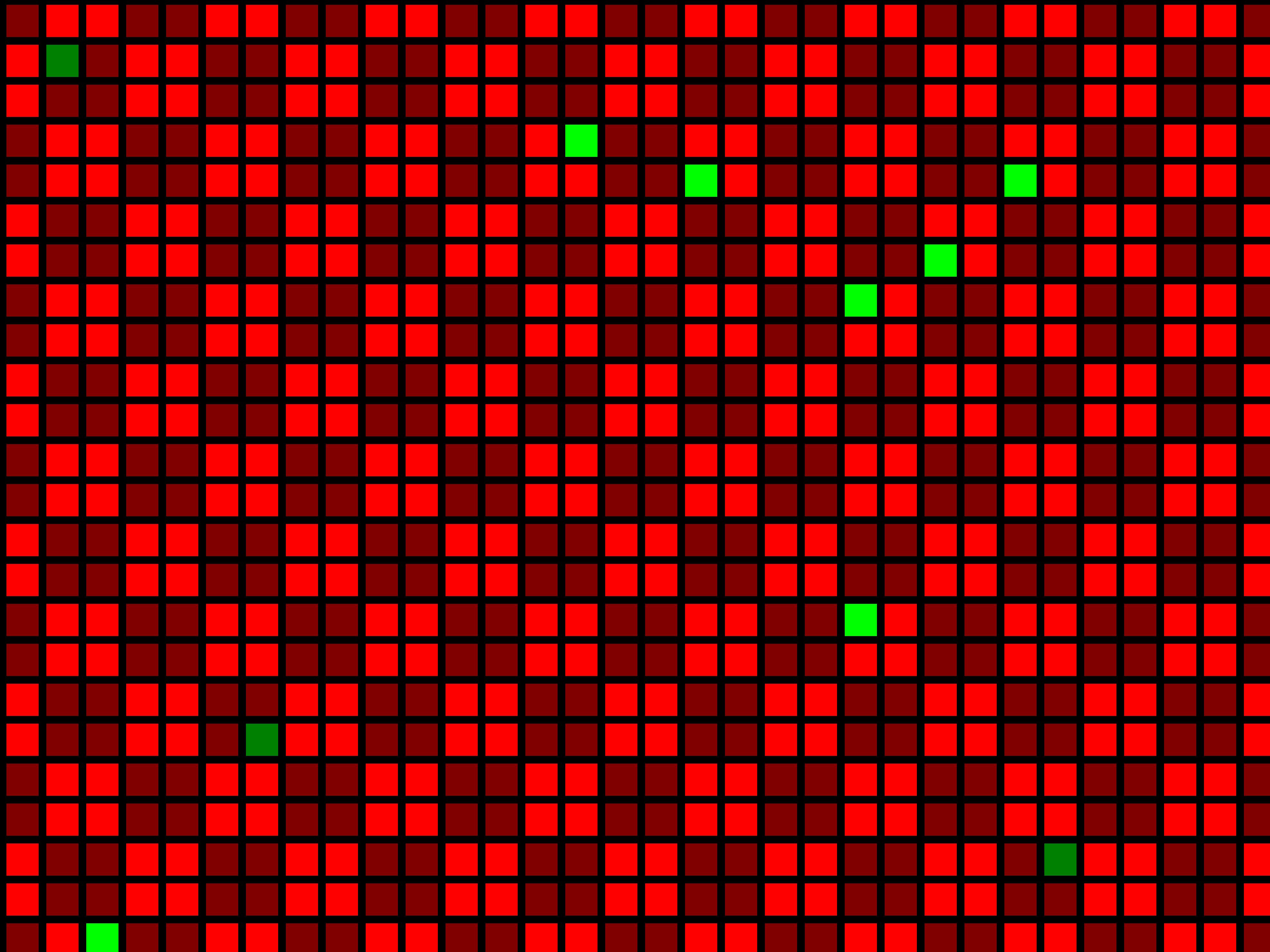












Ausgangskonfiguration:

- künstlich konstruieren
- zufällig herstellen
- reale Daten z.B. Kartenmaterial

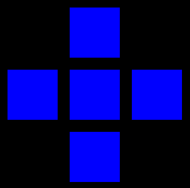
Eigenschaften

- Lokalität
- Linearität
- Umkehrbarkeit

Lokalität

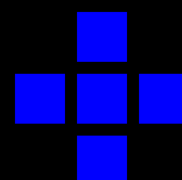
NEIGHBOUR-ACTIVE-RULE

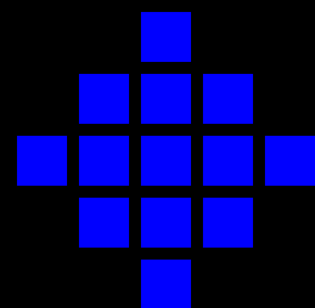
Aktive Zellen sind blau,
inaktive Zellen sind schwarz.

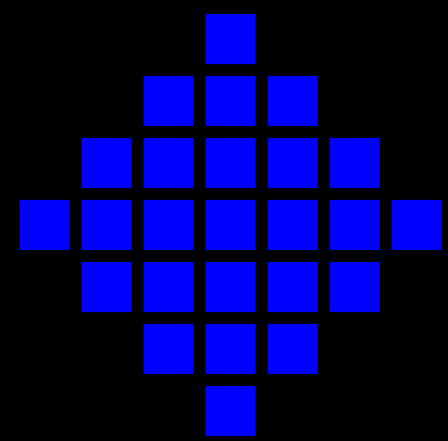


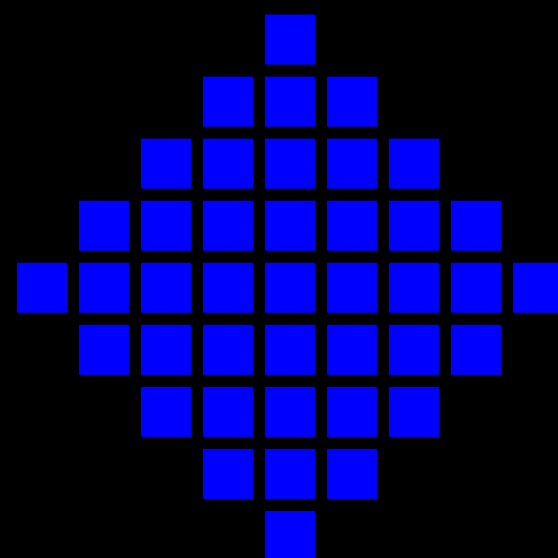
Von-Neumann Nachbarschaft

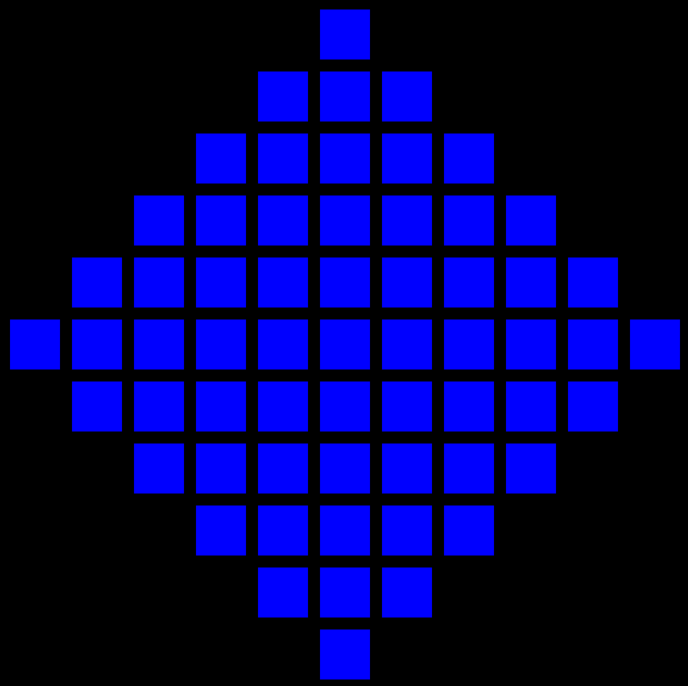
Ist eine ihrer Nachbarzellen zum Zeitpunkt t aktiv, wird diese Zelle zum Zeitpunkt t+1 selbst aktiv.

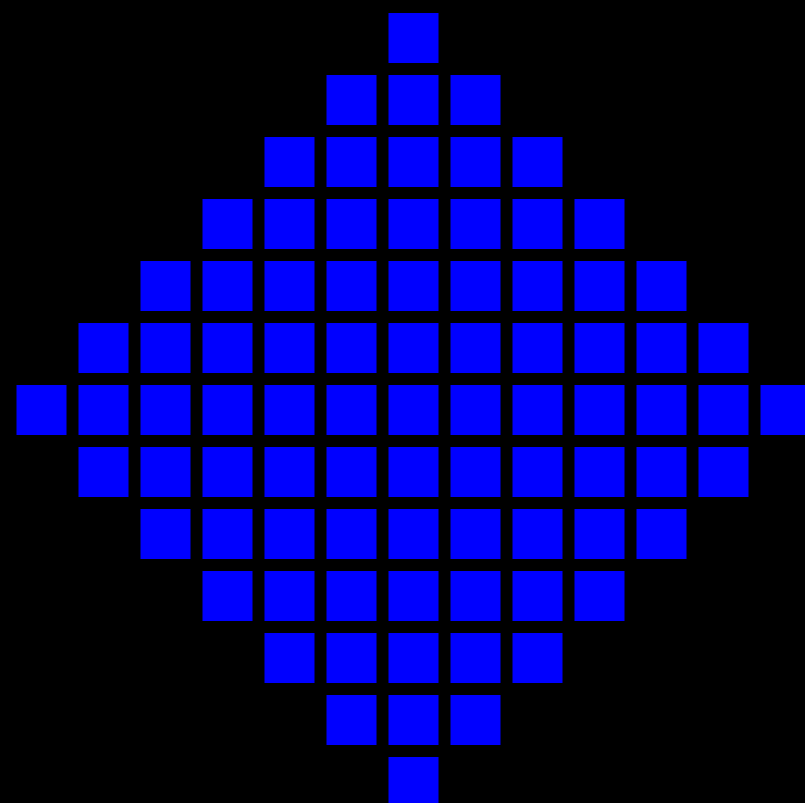












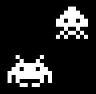
Linearität

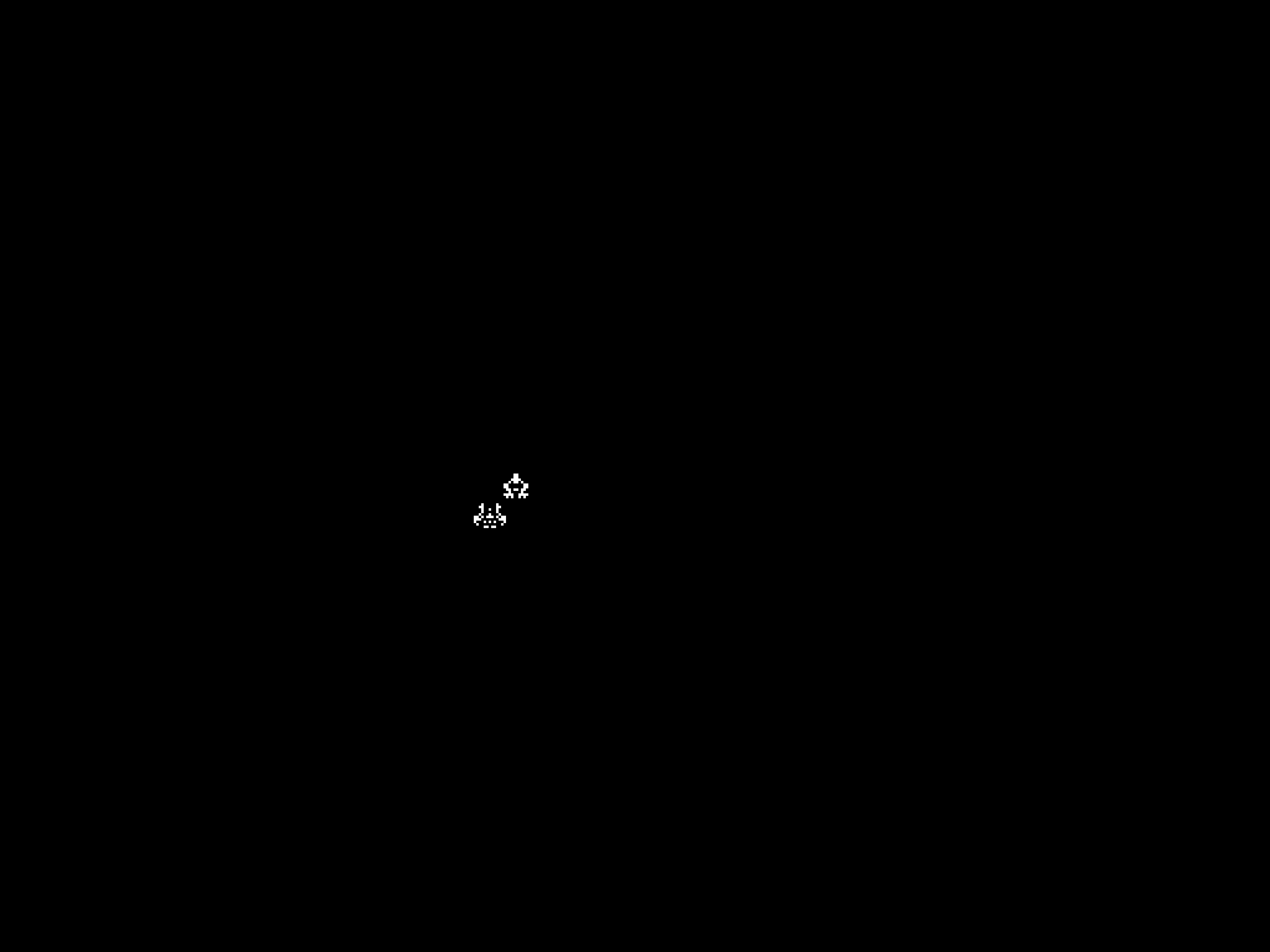
PARITY-RULE

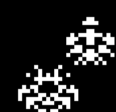
Die Zellzustände sind null und eins.
Null ist schwarz dargestellt,
eins ist weiß dargestellt.

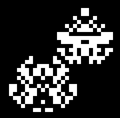
Von-Neumann Nachbarschaft.

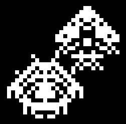
Der nächste Zustand einer Zelle ist der Rest bei der Addition der Zustände der Nachbarn, inkl. sich selbst, dividiert durch 2.

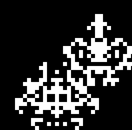


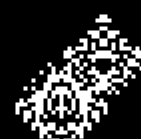


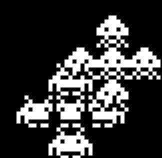


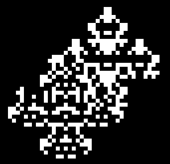


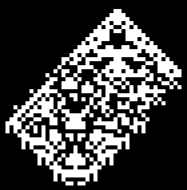


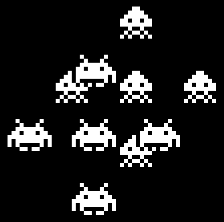


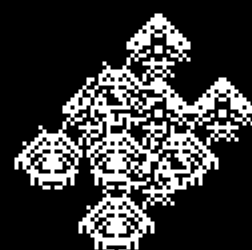


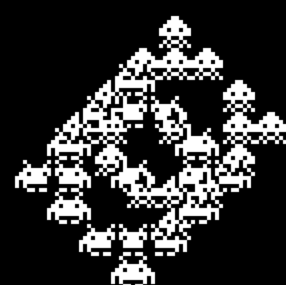


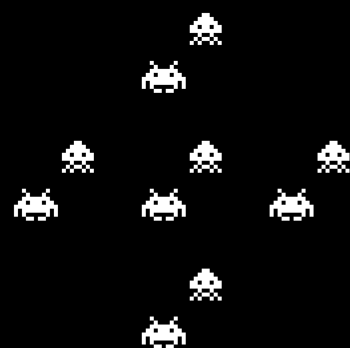












Umkehrbarkeit

MODIFIED PARITY-RULE

Wie PARITY-RULE, nur dass zwei Ebenen existieren, die man beachten muss.

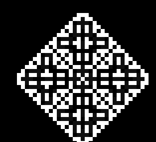
Die erste Ebene nennen wir Gegenwart.
Die zweite Ebene nennen wir Vergangenheit.

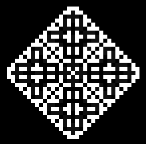
Gegenwart wird nach der Parity-Rule berechnet, wobei zusätzlich die Zelle aus der Vergangenheit mit eingerechnet wird, die sich an der gleichen Position befindet, wie die betreffende Zelle.
Der Zustand der Vergangenheit zum Zeitpunkt t+1 ist der Zustand der Gegenwart zum Zeitpunkt t.

Anmerkung:

Im folgenden Beispiel werden zuerst die ersten
20 Schritte des Automaten gezeigt,
wobei immer nur die Gegenwart dargestellt wird.

Danach werden Vergangenheit und Gegenwart,
vertauscht, und der Automat beginnt in der Zeit
rückwärts zu laufen.





Beispiel 1 - Zufallszahlen

2006: Evolutionary Design of Pseudorandom Sequence Generators based on Cellular Automata and Its Applicability in Current Cryptosystems
von Delgado, Vidal, Hernandez

- Eindimensionale 5-Nachbarn-Regel

- RULE 2572018122

RULE 2572018122

Bei einer Zahl als Regelbeschreibung wird tabellarisch jedem möglichen Eingangszustand ein bit aus der beschreibenden Binärzahl als nächster Zustand zugewiesen.

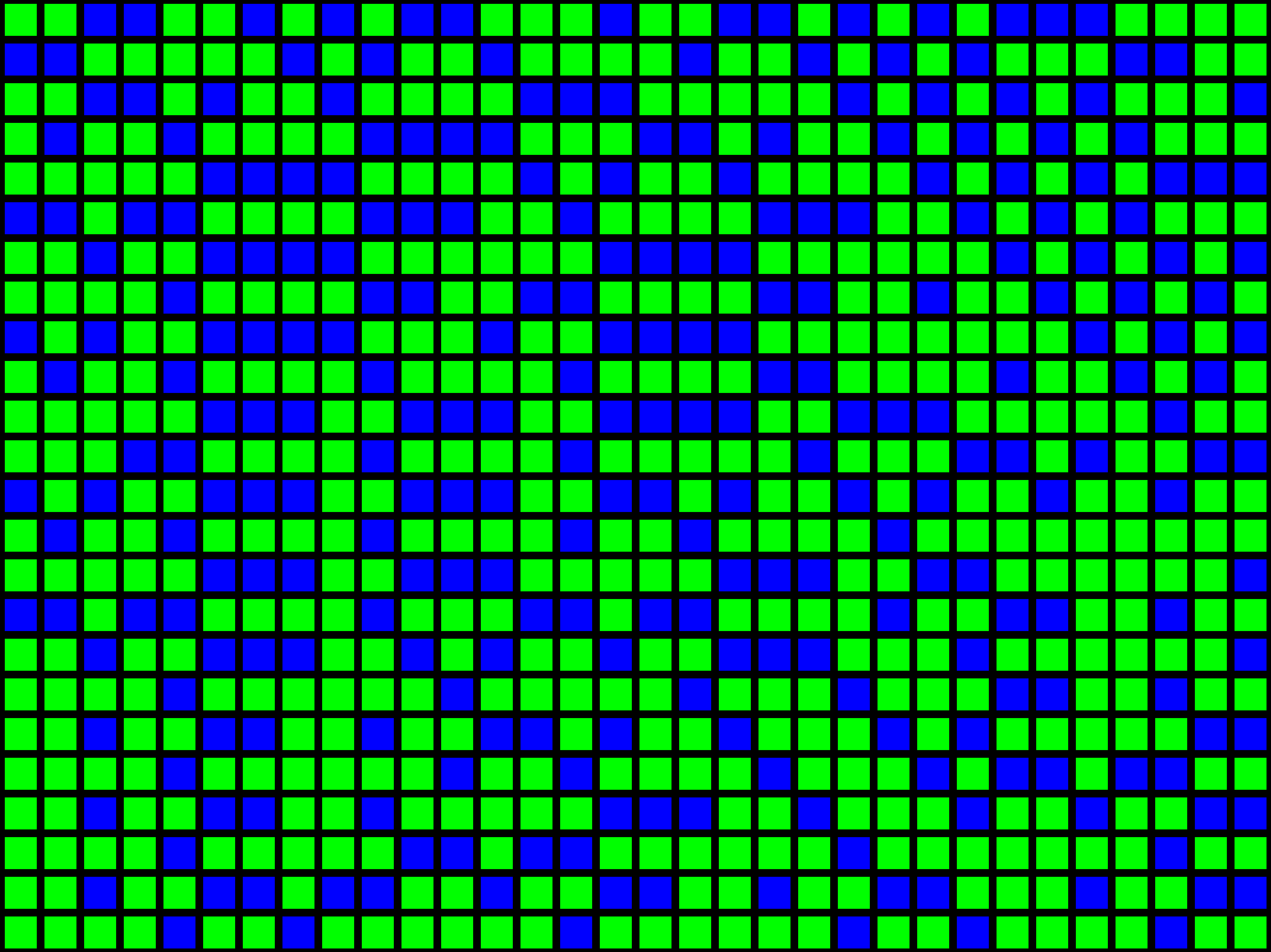
Diese 5-Nachbar-Regel wird deshalb mit einer 32-bit Zahl beschrieben, weil es 2^5 verschiedene Eingangszustände gibt.

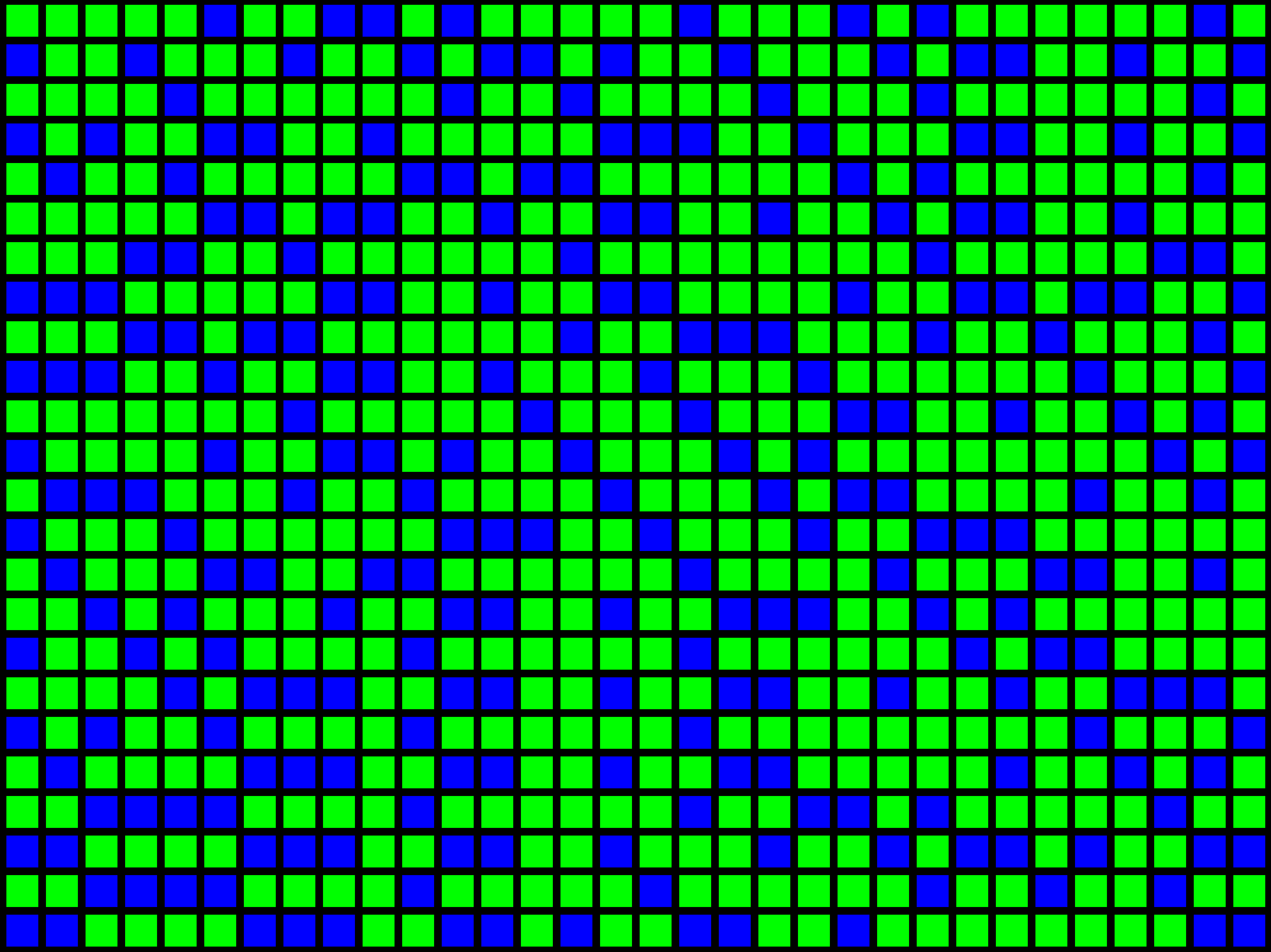
Beispiel: Rule 110

aktuelles Muster	111	110	101	100	011	010	001	000
neuer Zustand	0	1	1	0	1	1	1	0

siehe auch: http://mathworld.wolfram.com/Rule110.html

Analog dazu ergibt sich eine solche Tabelle mit 5 Nachbarn, wenn dieses Verfahren auf die Zahl 2572018122 angewendet wird, und führt zum folgenden Zufallsgenerator.

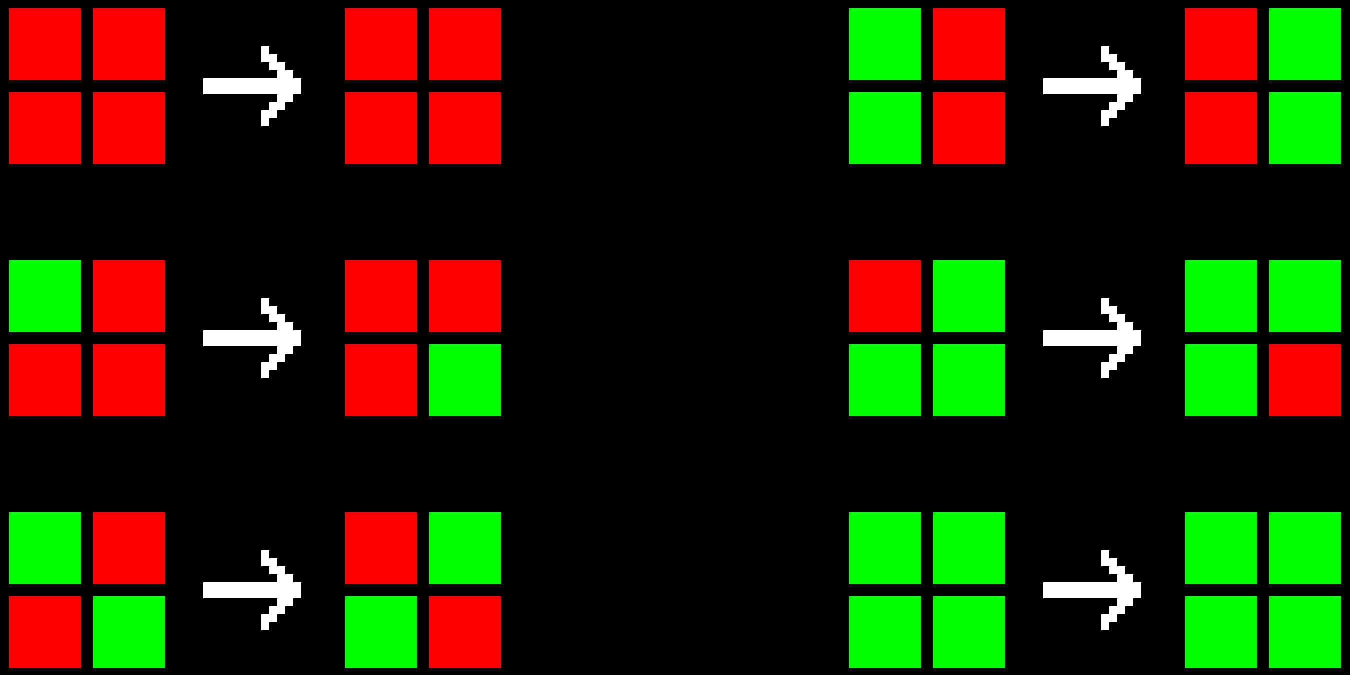


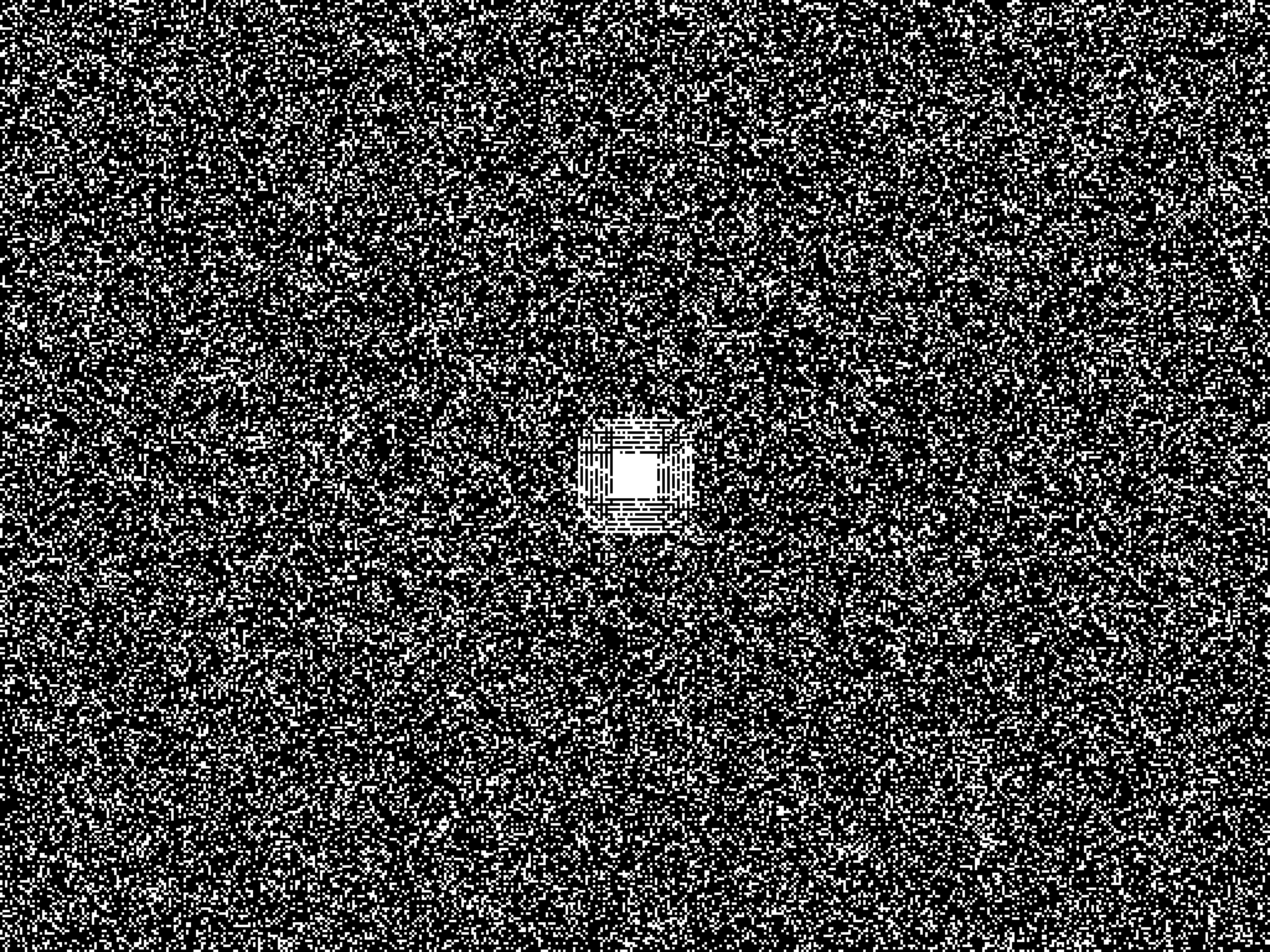


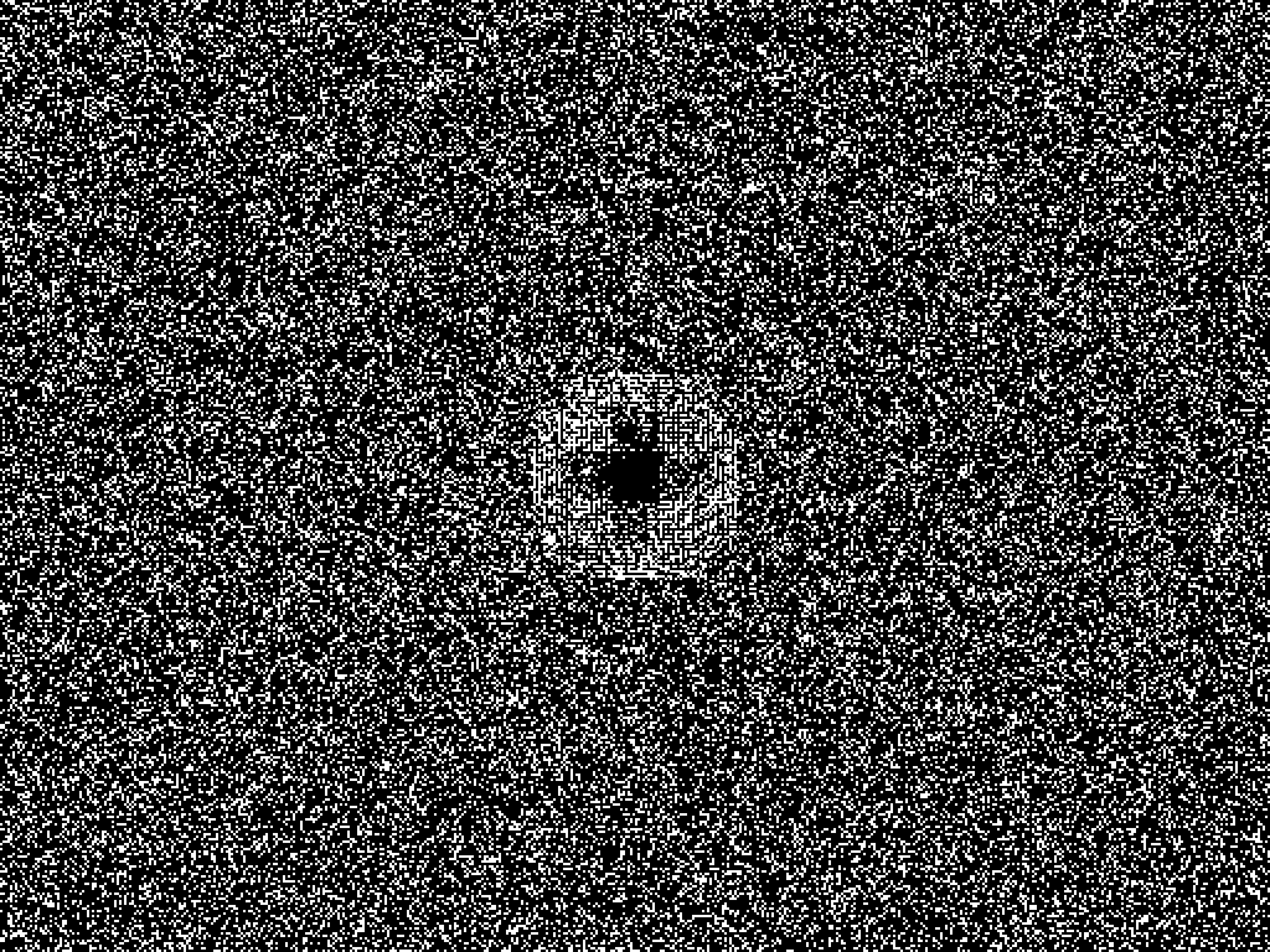
Beispiel 2 - HPP-GAS

Simulation des Verhaltens von Gaspartikeln mit ungleichmäßiger Raumverteilung.

HPP-GAS







Zu Beispiel 2

- Elastisches Medium
- auf maktroskopischer Ebene nicht anisotropisch
- Schallgeschwindigkeit kleiner als Partikelgeschwindikeit
- verletzt allerdings Navier–Stokes Gleichung

Dieser Gleichung folgt das FHP-GAS Modell