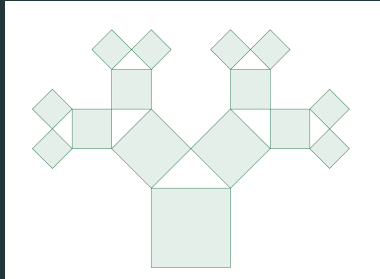


## Mehr zu Rekursion

---

## Aufgabe 1

- Ein Pythagorasbaum ist eine rekursiv erzeugbare Grafik, die aus Quadraten besteht:



**Abbildung 1:** Ein Pythagorasbaum

- Vervollständige den vorgegebenen Code zum Zeichnen eines Pythagorasbaums

# Backtracking

---

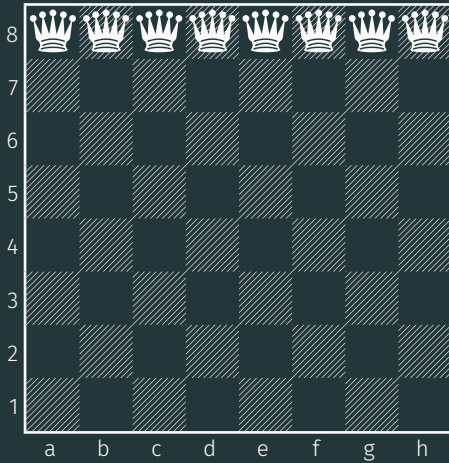
# Das Acht-Damen-Problem

- Acht Damen sollen so auf einem Schachbrett platziert werden, dass sie sich nicht gegenseitig schlagen können
- Wie können wir das Problem durch ein Programm lösen?

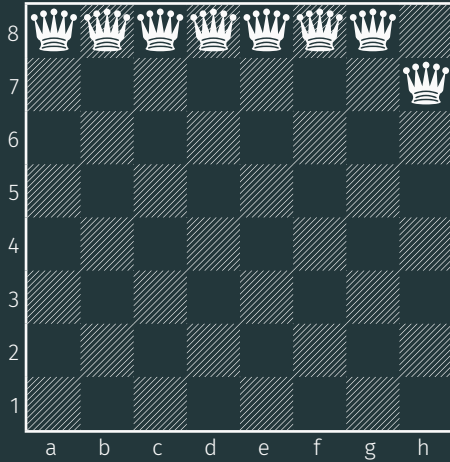
## 1. Ansatz: Brute Force

- Alle Möglichkeiten, 8 Damen auf 64 Feldern zu platzieren, durchprobieren
  - Wie viele sind das?

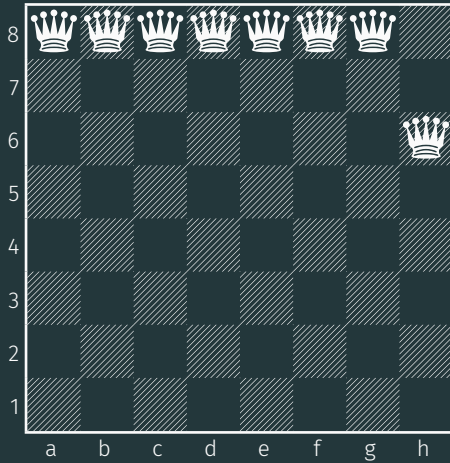
## 1. Ansatz: Brute Force



## 1. Ansatz: Brute Force



## 1. Ansatz: Brute Force





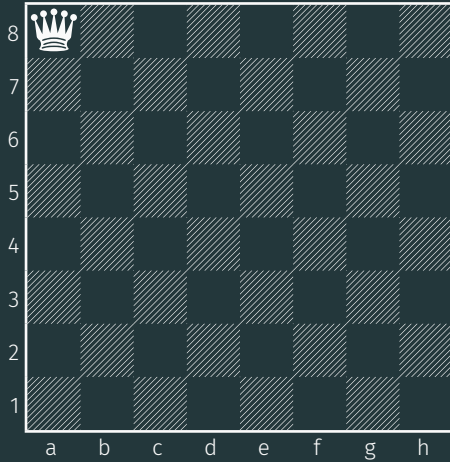
## 1. Ansatz: Brute Force

...

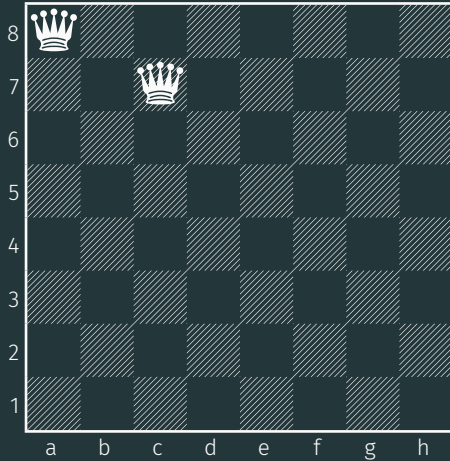
- Prüft jede Menge unsinnige Kombinationen
- Insgesamt 4 426 165 368 Möglichkeiten

$$\left( = \frac{64 \cdot 63 \cdot 62 \cdot 61 \cdot 60 \cdot 59 \cdot 58 \cdot 57}{8!} \right)$$

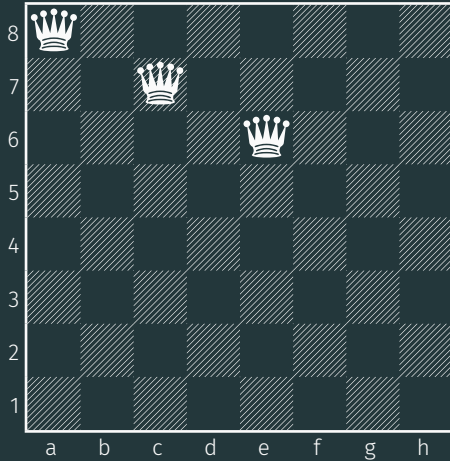
## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



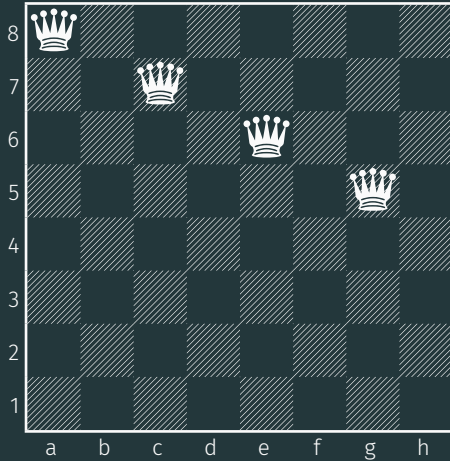
## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”



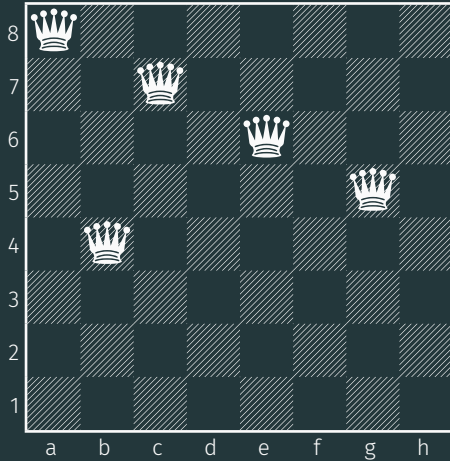
## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”



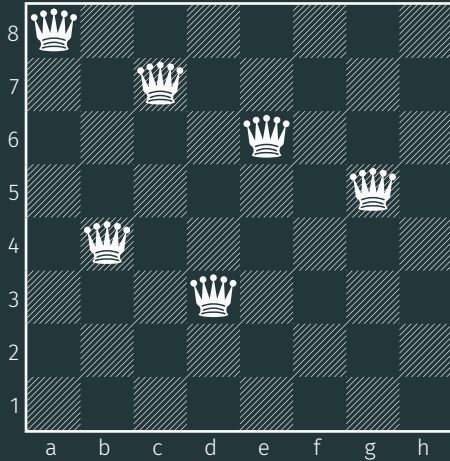
## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"

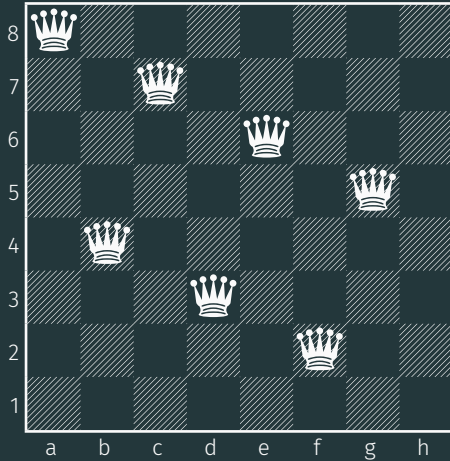


## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"





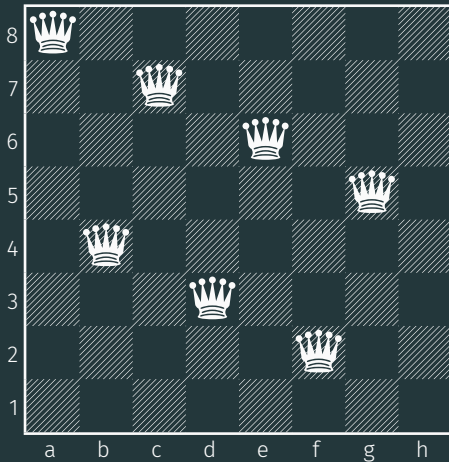
## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”

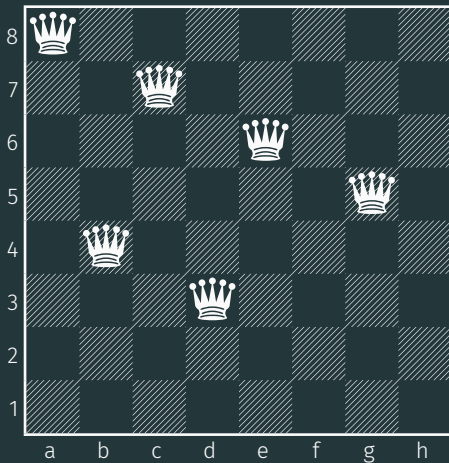
- Die letzte Dame kann nicht platziert werden, die bisherige Platzierung führt also in eine “Sackgasse”
- Idee:
  1. Gehe zurück zur vorletzten Dame, wähle für sie eine andere Platzierung
  2. Versuche jetzt, die letzte Dame zu platzieren
  3. Wiederhole Schritt 1. und 2., bis alle Alternativen für die vorletzte Dame ausgeschöpft wurden oder bis eine Lösung gefunden wurde.
  4. Falls alle Platzierungen der vorletzten Dame ohne Erfolg ausprobiert wurden, gehe zurück zur vorvorletzten Dame und wähle für sie eine andere Platzierung
  5. Versuche dann wieder, die vorletzte und die letzte Dame zu platzieren
  6. usw...

## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



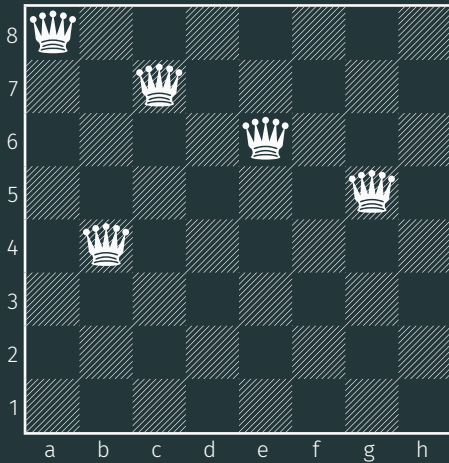
Es gibt keine andere Position für die vorletzte Dame, also zurück zur vorvorletzten...

## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



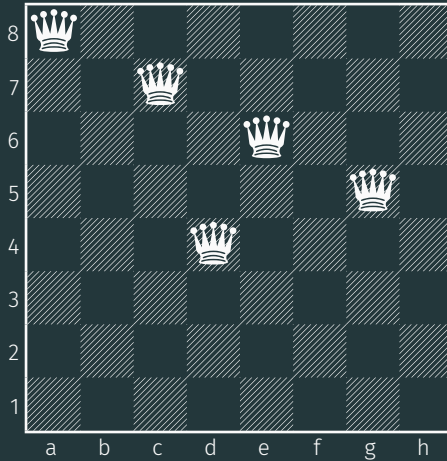
Es gibt keine andere Position für die vorletzte Dame, also zurück zur vorvorletzten...

## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



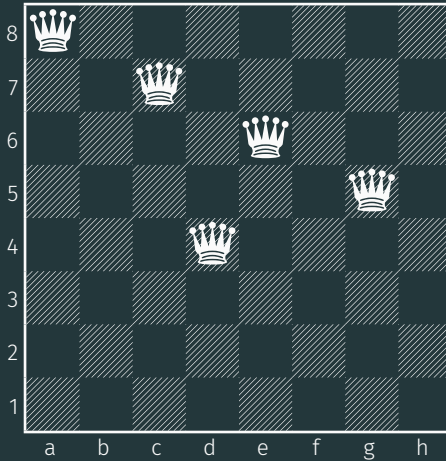
...und zur vorvorvorletzten...

## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



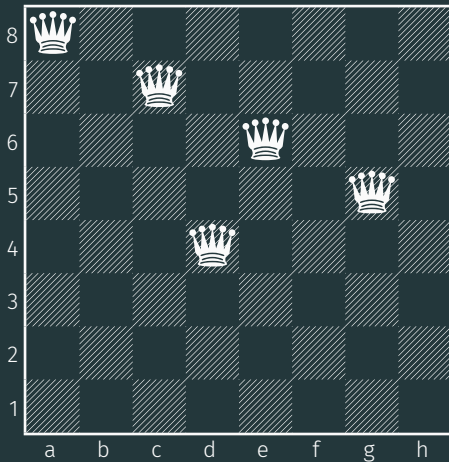
...für die wir eine andere Platzierung finden...

## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”



...die uns aber leider nicht weiter bringt...

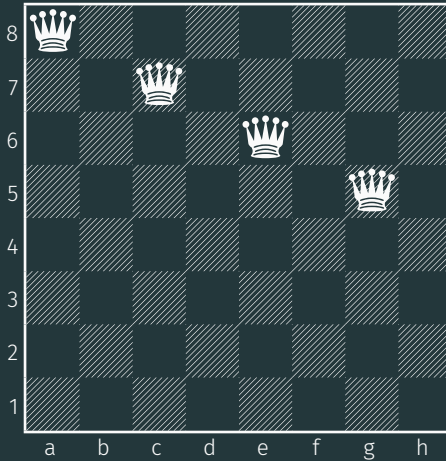
## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



Eine andere Platzierung für diese Dame ist nicht möglich...

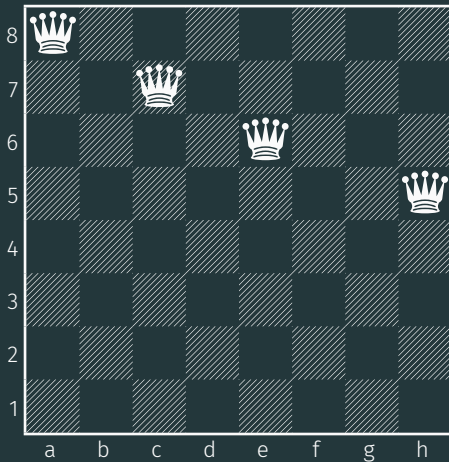


## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”



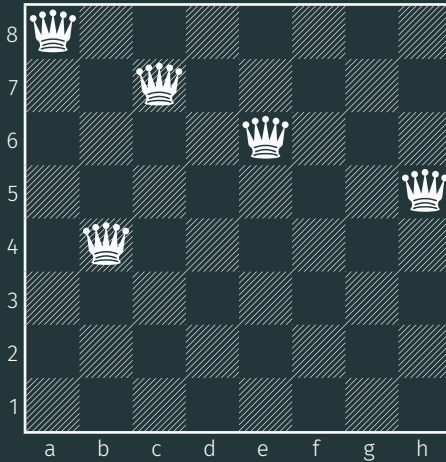
...also zurück in die vorherige Reihe...

## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”



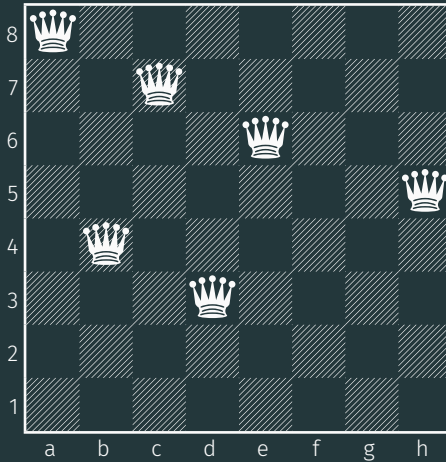
Hier finden wir eine alternative Platzierung!

## 2. Ansatz: "Geschicktes Probieren"



Neuer Versuch...

## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”



Neuer Versuch...

## 2. Ansatz: “Geschicktes Probieren”

und so weiter...

# Backtracking

- Unser Vorgehen im Rückblick:
  - Wir haben versucht, eine Teillösung schrittweise zu einer vollständigen Lösung auszubauen (erst eine Dame, dann zwei usw.)
  - Sobald wir gemerkt haben, dass die bisher gefundene Teillösung in eine Sackgasse führt, sind wir einen oder ggf. auch mehrere Schritte zurück gegangen und haben von da aus den nächstmöglichen Lösungsweg ausprobiert
- Die hier beschriebene Vorgehen bezeichnet man allgemein als **Backtracking** (auf Deutsch auch “Rücksetzverfahren”)
  - Backtracking kann auch zur Lösung anderer Probleme verwendet werden
  - Falls eine Lösung existiert, so findet Backtracking sie (früher oder später)

# Aufgabe 1

- Implementiere eine Lösung des Acht-Damen-Problems mittels Backtracking
  - Verwende ggf. die Codevorlage
- Wichtige Hilfsmittel:
  - Ein (zweidimensionales) Array
  - **Rekursion** (surprise, surprise...)

## Aufgabe 2

- Schreibe ein Programm, das mittels Backtracking ein vorgegebenes Sudoku löst
  - Das Vorgehen ist ähnlich wie beim Acht-Damen-Problem