



Schriftliche Abiturprüfung  
Schuljahr 2024/2025

---

Informatik  
auf erhöhtem Anforderungsniveau  
an allgemeinbildenden gymnasialen Oberstufen

Haupttermin  
Freitag, 16. Mai 2025, 09:00 Uhr

Unterlagen für die Prüflinge

---

**Allgemeine Arbeitshinweise**

- Überprüfen Sie diese Unterlagen auf Vollständigkeit.
- Schreiben Sie auf alle Prüfungsunterlagen Ihren Namen und zusätzlich auf dieses Deckblatt Ihre Kursnummer.
- Kennzeichnen Sie Ihre Entwurfsblätter (Kladde) und Ihre Reinschrift.

**Fachspezifische Arbeitshinweise<sup>1</sup>**

- Die Arbeitszeit beträgt **315 Minuten**.
- Eine gesonderte Lese- oder Auswahlzeit wird nicht gewährt.
- Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht grafikfähig), Rechtschreibwörterbuch.

**Aufgabenauswahl**

- Sie erhalten **drei** Aufgaben zu unterschiedlichen Schwerpunkten.
- Bearbeiten Sie die **Pflichtaufgabe (Aufgabe I)** und **genau eine** weitere Aufgabe (Aufgabe II oder III).
- Wählen Sie jeweils eine der angegebenen Programmiersprachen.
- Vermerken Sie auch auf Ihrer Reinschrift, welche Aufgaben Sie ausgewählt und bearbeitet haben.

Bearbeitet wurden die folgenden Aufgaben (bitte kreuzen Sie an):

I	Objektorientierte Modellierung und Programmierung (Pflicht)	( <input type="checkbox"/> Java <input type="checkbox"/> Python)
II	Datensicherheit in verteilten Systemen	( <input type="checkbox"/> Scheme <input type="checkbox"/> Haskell)
III	Intelligente Suchverfahren	( <input type="checkbox"/> Scheme <input type="checkbox"/> Haskell)

---

<sup>1</sup> Entsprechend der „Richtlinie über die Gewährung von Erleichterungen für neu zugewanderte Schülerinnen, Schüler und Prüflinge bei Sprachschwierigkeiten in der deutschen Sprache“ (MBISchul Nr. 08, 7. Oktober 2016, S. 60) werden für die betroffenen Prüflinge die folgenden Erleichterungen gewährt:

- Die Bearbeitungszeit wird um 30 Minuten auf **345 Minuten** erhöht.
- Ein nicht-elektronisches Wörterbuch Deutsch – Herkunftssprache / Herkunftssprache – Deutsch wird bereitgestellt.

## Bewertung

Jeder Aufgabe sind 50 Bewertungseinheiten (BE) zugeordnet. In allen Teilaufgaben werden nur ganze oder halbe BE vergeben. Insgesamt sind 100 BE erreichbar. Bei der Festlegung von Notenpunkten gilt die folgende Tabelle.

Erbrachte Leistung (in BE)	Notenpunkte
≥ 95	15
≥ 90	14
≥ 85	13
≥ 80	12
≥ 75	11
≥ 70	10
≥ 65	9
≥ 60	8

Erbrachte Leistung (in BE)	Notenpunkte
≥ 55	7
≥ 50	6
≥ 45	5
≥ 40	4
≥ 33	3
≥ 27	2
≥ 20	1
< 20	0

Für die Erteilung der **Note gut** (11 Punkte) ist mindestens erforderlich, dass 75 % der erwarteten Gesamtleistung erbracht werden. Dabei muss die Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen.

Für die Erteilung der **Note ausreichend** (5 Punkte) ist mindestens erforderlich, dass mindestens 45 % der erwarteten Gesamtleistung und über den Anforderungsbereich I hinaus Leistungen in einem weiteren Anforderungsbereich erbracht werden.

Die zwei voneinander unabhängigen Aufgaben der Prüfungsaufgabe werden jeweils mit 50 Bewertungseinheiten bewertet. Die erbrachte Gesamtleistung ergibt sich aus der Summe der Bewertungseinheiten in den beiden Aufgaben.

Schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit oder gegen die äußere Form führen zu einem Abzug von bis zu zwei Punkten in einfacher Wertung. Mangelhafte Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen oder unzureichende oder falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text sind als fachliche Fehler zu werten. Ein Abzug für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit soll nicht erfolgen, wenn diese bereits Gegenstand der fachspezifischen Bewertungsvorgaben sind.

**Aufgabe I: Campingplatzplan (Java-Version)****50 BE****Schwerpunkt: Objektorientierte Modellierung und Programmierung von  
Grafiksystemen**

Im Folgenden soll ein Platzplan für einen Campingplatz entwickelt werden.

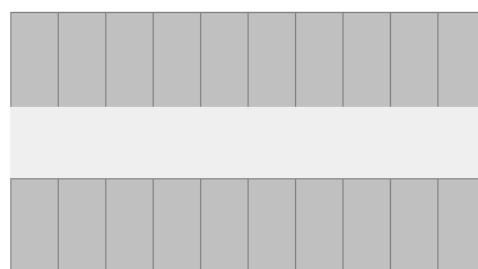


*Abbildung 1: Campingplatz*

Quelle: Dietmar Rabich / Wikimedia Commons / „Haltern am See, Campingplatz -Drügen Kamp- -- 2014 -- 9036“  
/ CC BY-SA 4.0

Mit dem Plan bekommen Besucherinnen und Besucher eine Übersicht über den Platzaufbau und können eine Auswahl eines von ihnen gewünschten Stellplatzes für Wohnmobil, Wohnwagen oder Zelt durchführen.

Zu einem ersten Entwurf sind hier das Bild eines Teils des Platzplans (Abbildung 2) und ein Klassendiagramm (Abbildung 3) angegeben:



*Abbildung 2: Teil des Platzplans*

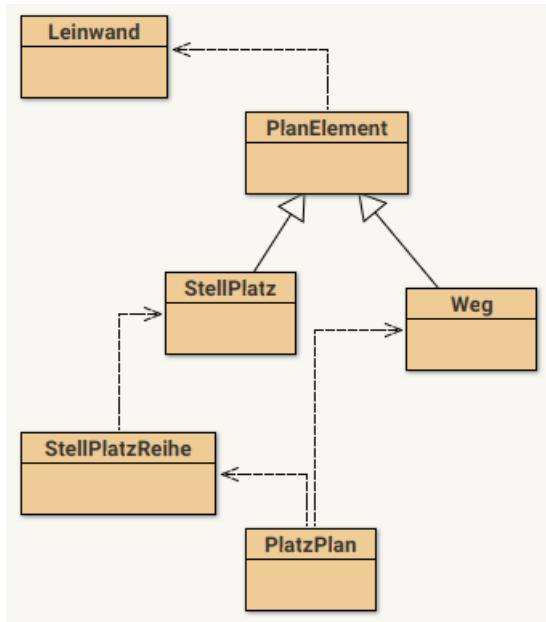


Abbildung 3: Klassendiagramm

Hinweis: Vereinfachte Klassenkarten von PlanElement, StellPlatz und StellPlatzReihe finden Sie in der Anlage 1.

- I.a
- **Beschreiben** Sie den Unterschied zwischen Klassen und Objekten an einem Beispiel im Kontext Campingplatzplan.
  - **Erläutern** Sie die Beziehungen, die aus dem Klassendiagramm (Abbildung 3) erkennbar sind.
  - **Geben** Sie an, woran diese Beziehungen jeweils im Programmtext erkennbar sind.
- (12 BE)

Eine der im Klassendiagramm angegebenen Klassen kann als abstrakte Klasse modelliert werden.

- I.b
- **Erläutern** Sie, unter welchen Bedingungen eine Klasse als abstrakte Klasse modelliert werden kann und welche Auswirkung(en) das hat.
  - **Geben** Sie den Namen der Klasse (siehe Klassendiagramm, Abbildung 3) an, die als abstrakte Klasse modelliert werden kann.
  - **Untersuchen** Sie, ob die von Ihnen angegebene Klasse auch abstrakt sein sollte.
- (10 BE)

Stellplätze und Wege sollen beschriftet werden können und die Stellplatzobjekte sollen ihren Belegungszustand halten. Die Beschriftung kann einfach eine Nummer sein, sie kann aber auch andere Zeichen enthalten, die beispielsweise verschiedene Platzbereiche kennzeichnen.

- I.c
- **Beschreiben** Sie die notwendigen Attribute und Methoden, die von der Klasse StellPlatz (oder alternativ PlanElement) bereitgestellt werden müssen, damit von der Campingplatzverwaltung das Stellplatzobjekt mit der gesuchten Beschriftung gefunden und damit außerdem vom Stellplatzobjekt abgefragt werden kann, ob es aktuell belegt ist.
  - Die Campingplatzverwaltung möchte abfragen können, wie viele der Stellplätze in einer Reihe aktuell belegt sind. **Implementieren** Sie eine Methode für die Klasse StellPlatzReihe, welche diese Aufgabe erledigt.
- (7 BE)

- I.d **Untersuchen** Sie, an welcher Stelle (also in welcher Klasse) eines fertigen Projekts zur Campingplatzverwaltung alle Objekte vom Typ `StellPlatz` in einer Datenstruktur gehalten werden können.

(3 BE)

Auf Campingplätzen gibt es in der Regel verschiedene Typen von Stellplätzen, die sich beispielsweise in ihrer Ausstattung unterscheiden. So haben Standardplätze manchmal keinen eigenen Stromanschluss, Komfortplätze dafür neben einem eigenen Strom- auch einen eigenen Wasser- sowie einen eigenen Abwasseranschluss. Den Quelltext zur Klasse `StellPlatz`, die diese Ausstattungsmerkmale berücksichtigt, finden Sie in der Anlage 2.

- I.e **Analysieren** Sie den Programmtext der angegebenen Klasse `StellPlatz` (Anlage 2) dahingehend, an welchen Stellen und zu welchem Zweck die oben genannten Ausstattungsmerkmale der Plätze berücksichtigt werden.

(4 BE)

Die Darstellung von Hecken zwischen den einzelnen Stellplätzen ist für die Kunden interessant, weil der Aufenthalt durch den größeren Abstand zu den Nachbarn und dem sich dadurch ergebenden Sichtschutz unter Umständen angenehmer wird. Eine Hecke besteht hierbei aus mehreren Büschchen (siehe dazu das Bild in der Anlage 3).

- I.f
- **Stellen** Sie **dar**, welche Auswirkungen der Satz „*Eine Hecke besteht aus mehreren Büschchen*“ auf Ihre Modellierung hinsichtlich einer Erweiterung des Projekts um die Klassen `Hecke` und `Busch` hat.
  - **Beschreiben** Sie, weshalb es bei der Modellierung des Campingplatzplans nicht ausreichend ist, eine Verwendungsbeziehung von den `StellplatzReihe`-Objekten zu den Hecken zu berücksichtigen.

(8 BE)

In den bisherigen Überlegungen wurde davon ausgegangen, dass alle Stellplätze und Wege eine einfache rechteckige Form haben. Der Rumpf der Klassendefinition von `StellPlatz` ist im Folgenden in einer für diese Teilaufgabe vereinfachten Version dargestellt und besteht nur aus dem Konstruktor und einer einzigen Methode:

```

1  /**
2   * Erzeuge einen neuen StellPlatz
3   */
4  public StellPlatz(int x, int y, int b, int t, int w)
5  {
6      super(x,y,b,t,w,"schwarz","hellgrau",true);
7  }
8
9 /**
10 * Berechnet das zu zeichnende Shape anhand der gegebenen Daten
11 */
12 protected Shape gibFigur()
13 {
14     int breite=gibBreite();
15     int tiefe=gibTiefe();
16     Shape stellPlatz = new Rectangle2D.Double(0,0,breite,tiefe);
17
18     return transformiere(stellPlatz);
19 }
```

Es soll die Möglichkeit für andere Formen geschaffen werden. Dazu ist in der Klasse StellPlatz ein Attribut

```
private ArrayList<Punkt> punktListe
```

vorgesehen, dessen Punkte durch

```
new Punkt(0, 0);
new Punkt(breite, 0);
new Punkt(breite, tiefe);
new Punkt(0, tiefe);
```

für eine Methode erzeugt werden können, die zur oben angegebenen für rein rechteckige Formen passt.

(Den Programmtext zur Klasse Punkt finden Sie in der Anlage 4.)

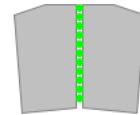


Abbildung 4:  
Beispiel für eine  
nicht rechteckige  
Form

- I.g **Implementieren** Sie eine neue Version der Methode `gibFigur()`, mit der auch andere als rechteckige Stellplätze dargestellt werden können. Verwenden Sie dabei zu einem vorher erzeugten GeneralPath-Objekt `path` die folgend angegebenen, anzupassenden Methodenaufrufe für einen „Zeichenstift“:

```
GeneralPath path = new GeneralPath();
path.moveTo( <xKoordinate> , <yKoordinate> ); (setzt den Zeichenstift auf die übergebene Position)
path.lineTo( <xKoordinate> , <yKoordinate> ); (zeichnet eine Linie von der jeweiligen Position zum übergebenen Punkt)
```

*Hinweis: GeneralPath-Objekte implementieren (ebenso wie Rectangle2D-Objekte) die Schnittstelle Shape, dürfen also überall dort auftauchen, wo ein Shape verlangt wird, wie es bei `gibFigur()` der Fall ist.*

(6 BE)

**Anlage zur Aufgabe I: Campingplatzplan (Java-Version)****Anlage 1: Klassenkarten (vereinfachte Darstellung)**

*Hinweis: Die Konstruktormethoden wurden jeweils wegen der hohen Parameteranzahl weggelassen.  
Für PlanElement lautet der Konstruktor zum Beispiel wie folgt:*

```
+PlanElement(x: int, y: int, b: int, t: int, w: int, f: String, ff: String, s: boolean)
```

PlanElement
- xPos : int
- yPos : int
- winkel : int
- farbe : String
- fuellFarbe : String
- breite : int
- tiefe : int
- istSichtbar : boolean
+ aendereFarbe(neueFarbe : String) : void
+ aendereFuellFarbe(neueFarbe : String) : void
+ bewege(umX : int, umY : int) : void
+ drehe(aufWinkel : int) : void
+ gibXPosition() : int
+ gibYPosition() : int
+ gibFarbe() : String
+ gibFuellFarbe() : String
+ gibFigur() : Shape
+ verberge() : void
+ zeige() : void
+ transformiere(planElement : Shape) : Shape

StellPlatz
+ gibFigur() : Shape

*Die Klassenkarte für die StellPlatzReihe wurde weiter vereinfacht und wird ohne Methoden dargestellt.*

StellPlatzReihe
- anzahl : int
- xPos : int
- yPos : int
- stellPlatzBreite : int
- stellPlatzTiefe : int
- winkel : int
- plaezte : ArrayList<StellPlatz>

**Anlage 2: Quelltext der Klasse StellPlatz**

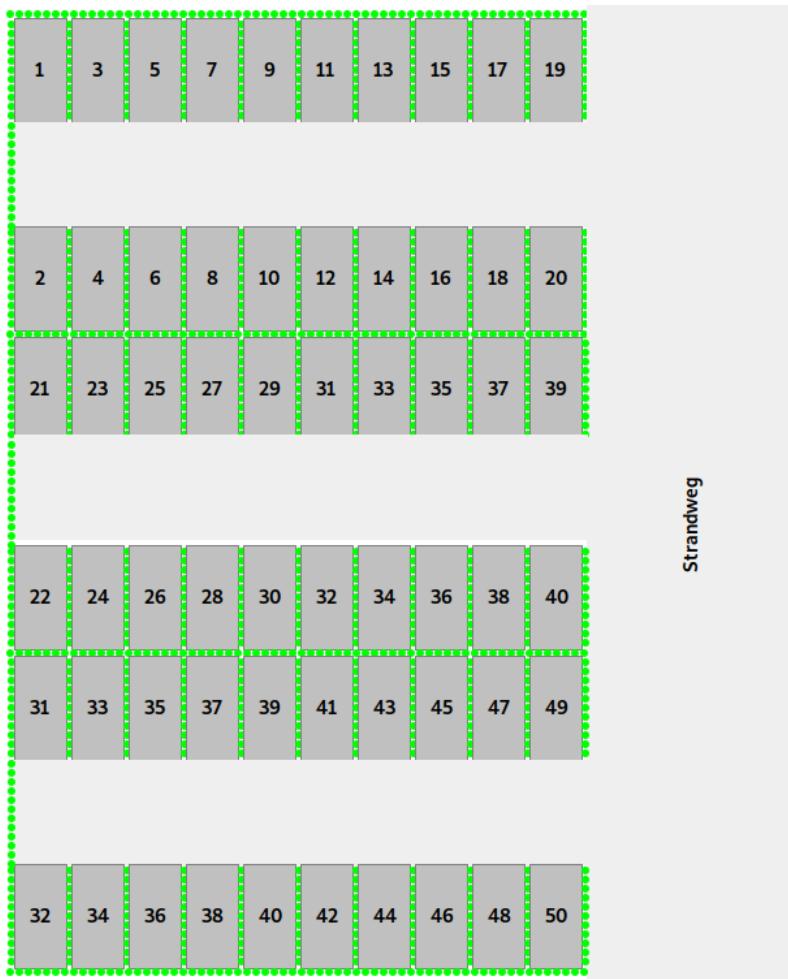
```

1  public class StellPlatz
2  extends PlanElement
3  {
4      private String ausstattung="Standard";
5
6      /**
7       * Erzeuge einen neuen StellPlatz mit Ausstattung
8       */
9      public StellPlatz(int x, int y, int b, int t, int w, String ausstattung) {
10         super(x,y,b,t,w,"schwarz","hellgrau",true);
11         aendereAusstattung(ausstattung);
12     }
13
14     /**
15      * Berechnet das zu zeichnende Shape anhand der gegebenen Daten
16      */
17     protected Shape gibFigur()
18     {
19         int breite=gibBreite();
20         int tiefe=gibTiefe();
21         Shape stellPlatz = new Rectangle2D.Double(0,0,breite,tiefe);
22
23         return transformiere(stellPlatz);
24     }
25
26     /**
27      * gibt abhaengig von der Ausstattung eine Farbe fuer die Fuellung zurueck
28      */
29     public String farbeZuAusstattung(String ausstattung) {
30         if (ausstattung=="Komfort") return "gelb";
31         if (ausstattung=="Zelt") return "hellgruen";
32         return "hellgrau";
33     }
34
35     /**
36      * aendert die Art der Ausstattung
37      */
38     public void aendereAusstattung(String ausstattung) {
39         this.ausstattung=ausstattung;
40         aendereFuellFarbe(farbeZuAusstattung(ausstattung));
41     }
42 }
```

*Hinweis: Die Klasse PlanElement enthält die folgende (hier vereinfachte) Methode aendereFuellfarbe:*

```

public void aendereFuellFarbe(String neueFarbe) {
    verberge();
    fuellFarbe = neueFarbe;
    zeige();
}
```

**Anlage 3: Platzplan mit Hecken****Anlage 4: Die Klasse Punkt**

```
1  public class Punkt
2  {
3      private int x,y;
4
5      public Punkt(int x, int y)
6      {
7          this.x = x;
8          this.y = y;
9      }
10
11     public int gibX() { return x; }
12     public int gibY() { return y; }
13 }
```

**Aufgabe I: Campingplatzplan (Python-Version)****50 BE****Schwerpunkt: Objektorientierte Modellierung und Programmierung von  
Grafiksystemen**

Im Folgenden soll ein Platzplan für einen Campingplatz entwickelt werden.

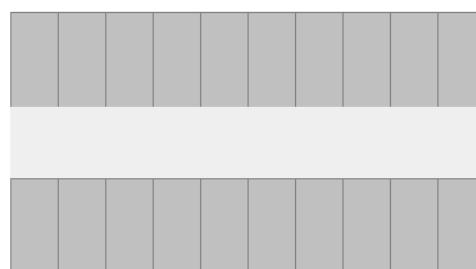


*Abbildung 1: Campingplatz*

Quelle: Dietmar Rabich / Wikimedia Commons / „Haltern am See, Campingplatz -Drügen Kamp- -- 2014 -- 9036“  
/ CC BY-SA 4.0

Mit dem Plan bekommen Besucherinnen und Besucher eine Übersicht über den Platzaufbau und können eine Auswahl eines von ihnen gewünschten Stellplatzes für Wohnmobil, Wohnwagen oder Zelt durchführen.

Zu einem ersten Entwurf sind hier das Bild eines Teils des Platzplans (Abbildung 2) und ein Klassendiagramm (Abbildung 3) angegeben:



*Abbildung 2: Teil des Platzplans*

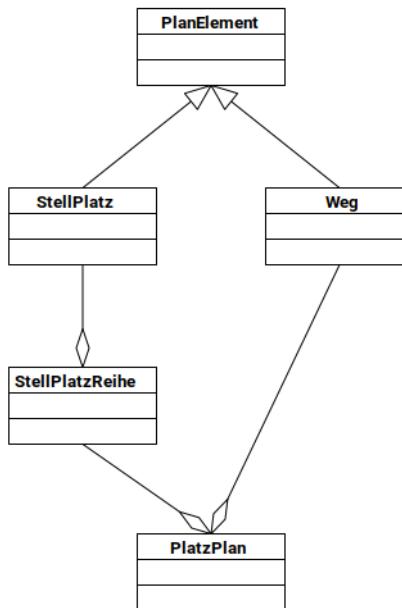


Abbildung 3: Klassendiagramm

*Hinweis: Die Klassen Grafikfenster und Zeichenfläche wurden weggelassen. Vereinfachte Klassenkarten von PlanElement, StellPlatz und StellPlatzReihe finden Sie in der Anlage 1.*

- I.a
- **Beschreiben** Sie den Unterschied zwischen Klassen und Objekten an einem Beispiel im Kontext Campingplatzplan.
  - **Erläutern** Sie die Beziehungen, die aus dem Klassendiagramm (Abbildung 3) erkennbar sind.
  - **Geben** Sie an, woran diese Beziehungen jeweils im Programmtext erkennbar sind.
- (12 BE)

Eine der im Klassendiagramm angegebenen Klassen kann als abstrakte Klasse modelliert werden.

- I.b
- **Erläutern** Sie, unter welchen Bedingungen eine Klasse als abstrakte Klasse modelliert werden kann und welche Auswirkung(en) das hat.
  - **Geben** Sie den Namen der Klasse (siehe Klassendiagramm, Abbildung 3) an, die als abstrakte Klasse modelliert werden kann.
  - **Untersuchen** Sie, ob die von Ihnen angegebene Klasse auch abstrakt sein sollte.
- (10 BE)

Stellplätze und Wege sollen beschriftet werden können und die Stellplatzobjekte sollen ihren Belegungszustand halten. Die Beschriftung kann einfach eine Nummer sein, sie kann aber auch andere Zeichen enthalten, die beispielsweise verschiedene Platzbereiche kennzeichnen.

- I.c
- **Beschreiben** Sie die notwendigen Attribute und Methoden, die von der Klasse StellPlatz (oder alternativ PlanElement) bereitgestellt werden müssen, damit von der Campingplatzverwaltung das Stellplatzobjekt mit der gesuchten Beschriftung gefunden und damit außerdem vom Stellplatzobjekt abgefragt werden kann, ob es aktuell belegt ist.
  - Die Campingplatzverwaltung möchte abfragen können, wie viele der Stellplätze in einer Reihe aktuell belegt sind. **Implementieren** Sie eine Methode für die Klasse StellPlatzReihe, welche diese Aufgabe erledigt.
- (7 BE)

- I.d **Untersuchen** Sie, an welcher Stelle (also in welcher Klasse) eines fertigen Projekts zur Campingplatzverwaltung alle Objekte vom Typ `StellPlatz` in einer Datenstruktur gehalten werden können.

(3 BE)

Auf Campingplätzen gibt es in der Regel verschiedene Typen von Stellplätzen, die sich beispielsweise in ihrer Ausstattung unterscheiden. So haben Standardplätze manchmal keinen eigenen Stromanschluss, Komfortplätze dafür neben einem eigenen Strom- auch einen eigenen Wasser- sowie einen eigenen Abwasseranschluss. Den Quelltext zur Klasse `StellPlatz`, die diese Ausstattungsmerkmale berücksichtigt, finden Sie in der Anlage 2.

- I.e **Analysieren** Sie den Programmtext der angegebenen Klasse `StellPlatz` (Anlage 2) dahingehend, an welchen Stellen und zu welchem Zweck die oben genannten Ausstattungsmerkmale der Plätze berücksichtigt werden.

(4 BE)

Die Darstellung von Hecken zwischen den einzelnen Stellplätzen ist für die Kunden interessant, weil der Aufenthalt durch den größeren Abstand zu den Nachbarn und dem sich dadurch ergebenden Sichtschutz unter Umständen angenehmer wird. Eine Hecke besteht hierbei aus mehreren Büschchen (siehe dazu das Bild in der Anlage 3).

- I.f
- **Stellen** Sie **dar**, welche Auswirkungen der Satz „*Eine Hecke besteht aus mehreren Büschchen*“ auf Ihre Modellierung hinsichtlich einer Erweiterung des Projekts um die Klassen `Hecke` und `Busch` hat.
  - **Beschreiben** Sie, weshalb es bei der Modellierung des Campingplatzplans nicht ausreichend ist, eine Verwendungsbeziehung von den `StellplatzReihe`-Objekten zu den Hecken zu berücksichtigen.

(8 BE)

In den bisherigen Überlegungen wurde davon ausgegangen, dass alle Stellplätze und Wege eine einfache rechteckige Form haben. Der Rumpf der Klassendefinition von `StellPlatz` ist im Folgenden in einer für diese Teilaufgabe vereinfachten Version dargestellt und besteht nur aus dem Konstruktor und einer einzigen Methode:

```

1 def __init__(self,
2             xPos=60,
3             yPos=20,
4             breite=40,
5             tiefe=80,
6             winkel=0,
7             farbe='GRAY',
8             fuellfarbe="LIGHT GRAY"):
9     PlanElement.__init__(self, xPos, yPos, breite, tiefe, winkel,
10                         farbe, fuellfarbe)
11
12 def GibFigur(self):
13     """definiert die zu zeichnende Figur"""
14     path = Zeichenflaeche.GibZeichenflaeche().GibGC().CreatePath()
15
16     # lokale Variable zur Schreibvereinfachung
17     b, t = self.GibBreite(), self.GibTiefe()
18     path.AddRectangle(0, 0, b, t)
19
20     return self.Transformiere(path)

```

Es soll die Möglichkeit für andere Formen geschaffen werden. Dazu wird im Konstruktor der Klasse `StellPlatz` ein Attribut

`self.punktListe`

eingeführt, dessen Werte für eine rechteckige Form durch

`[ (0, 0), (breite, 0), (breite, tiefe), (0, tiefe) ]`

gegeben sind.

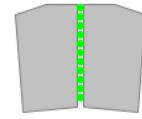


Abbildung 4: Beispiel  
für eine nicht  
rechteckige Form

I.g **Implementieren** Sie eine neue Version der Methode `GibFigur()`, mit der auch andere als rechteckige Stellplätze dargestellt werden können. Verwenden Sie dabei die Methodenaufrufe

`path.MoveToPoint( <xKoordinate> , <yKoordinate> )` und  
`path.AddLineToPoint( <xKoordinate> , <yKoordinate> )`

(6 BE)

**Anlage zur Aufgabe I: Campingplatzplan (Python-Version)****Anlage 1: Klassenkarten (vereinfachte Darstellung)**

*Hinweis: Die Konstruktormethoden wurden jeweils wegen der hohen Parameteranzahl weggelassen.  
Für PlanElement lautet der Konstruktor zum Beispiel wie folgt:*

```
__init__(self, xPos:int, yPos:int, breite:int, tiefe:int, winkel:int,
farbe:String, fuellfarbe:String):PlanElement
```

PlanElement
xPos : int
yPos : int
breite : int
tiefe : int
winkel : int
randFarbe : String
fuellFarbe : String
sichtbar : boolean
Bewege(umX : int, umY : int) : void
Drehe(aufWinkel : int) : void
GibPosition() : Tupel
GibBreite() : int
GibTiefe() : int
GibWinkel() : int
GibFarbe() : String
GibFuellFarbe() : String
GibFigur() : GraphicsPath
Zeige() : void
Verberge() : void
Transformiere(path : GraphicsPath) : GraphicsPath
GibZeichenPfad() : GraphicsPath

StellPlatz
GibFigur() : GraphicsPath

Die Klassenkarte für die StellPlatzReihe wurde weiter vereinfacht und wird ohne Methoden dargestellt.

StellPlatzReihe
anzahl : int
xPos : int
yPos : int
stellPlatzBreite : int
stellPlatzTiefe : int
winkel : int
plaetze : []

**Anlage 2: Quelltext der Klasse StellPlatz**

```

1  class StellPlatz(PlanElement):
2
3      def __init__(self,
4                  xPos=60,
5                  yPos=20,
6                  breite=40,
7                  tiefe=80,
8                  winkel=0,
9                  farbe='BLACK',
10                 ausstattung='Standard'):
11         self.ausstattung=ausstattung
12         fuellfarbe=self.FarbeZuAusstattung(ausstattung)
13         PlanElement.__init__(self, xPos, yPos, breite, tiefe, winkel,
14                               farbe, fuellfarbe)
15
16     def GibFigur(self):
17         """definiert die zu zeichnende Figur"""
18         path = Zeichenflaeche.GibZeichenflaeche().GibGC().CreatePath()
19
20         # lokale Variable zur Schreibvereinfachung
21         b, t = self.GibBreite(), self.GibTiefe()
22         path.AddRectangle(0, 0, b, t)
23
24         return self.Transformiere(path)
25
26     def FarbeZuAusstattung(self, ausstattung):
27         if ausstattung=='Komfort':
28             return "YELLOW"
29         if ausstattung=='Zelt':
30             return "LIME GREEN"
31         return "LIGHT GRAY"
32
33     def AendereAusstattung(self, ausstattung):
34         self.ausstattung=ausstattung
35         self.AendereFuellFarbe(self.FarbeZuAusstattung(ausstattung))

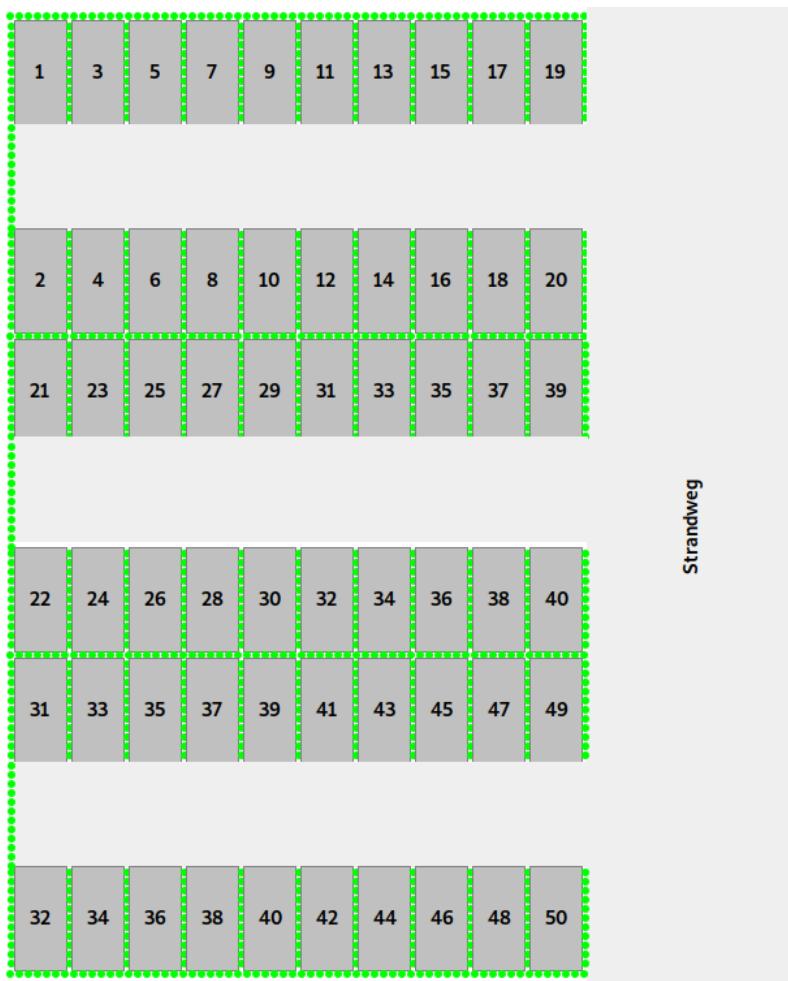
```

*Hinweis: Die Klasse PlanElement enthält die folgende (hier vereinfachte) Methode AendereFuellfarbe:*

```

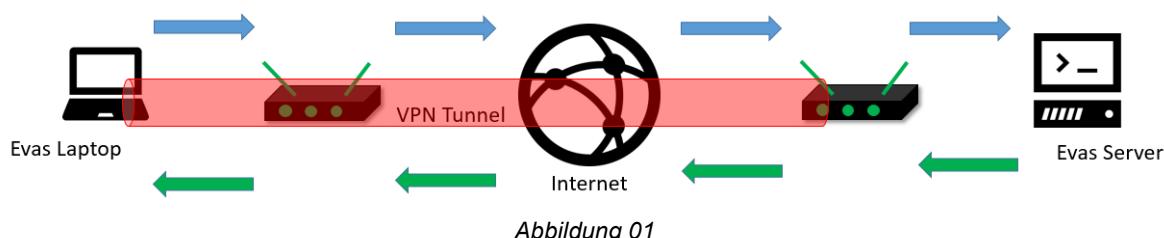
def AendereFuellFarbe(self, neueFuellFarbe):
    """Veraendernde Methode fuer die Fuellfarbe"""
    self.Verberge()
    self.__ff = neueFuellFarbe
    self.Zeige()

```

**Anlage 3: Platzplan mit Hecken**

**Aufgabe II: Virtual Private Network (Scheme-Version)****50 BE****Schwerpunkt: Datensicherheit in verteilten Systemen**

Eva möchte von unterwegs auf ihre Daten zugreifen können, die sie zu Hause auf ihrem Server gespeichert hat. Dazu möchte sie eine Internetverbindung nutzen. Da sie auf ihrem Server auch vertrauliche Daten hat, möchte sie von ihrem Laptop aus, welchen sie auf ihren Reisen immer dabei hat, eine sogenannte VPN-Verbindung (VPN steht hier für „Virtual Private Network“; es handelt sich also in der Regel um eine nach außen hin verborgene und verschlüsselte Verbindung) zu ihrem Server zu Hause herstellen können. Folgenden Aufbau hat sie sich überlegt (Abbildung 1):

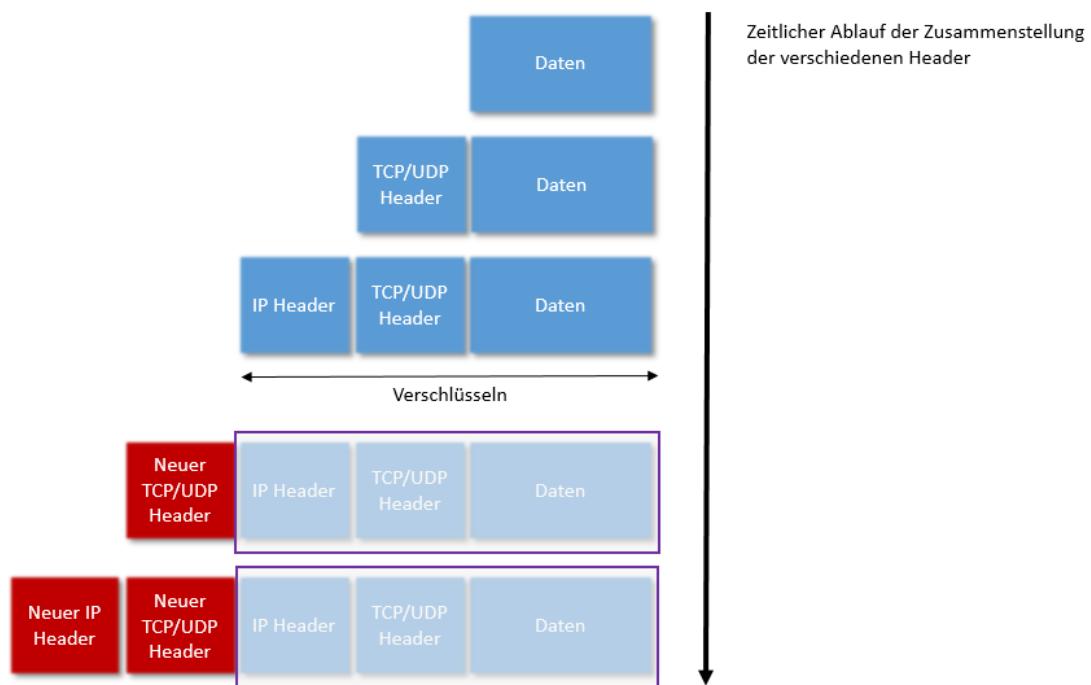


- II.a **Stellen** Sie die Relevanz der drei folgenden Kriterien beim Einsatz einer verschlüsselten VPN-Verbindung **dar**:

- Authentizität
- Integrität
- Vertraulichkeit.

(8 BE)

Stellt Eva mit ihrem Laptop eine Verbindung zu ihrem Server zu Hause her, baut sie eine VPN-Verbindung im sogenannten Tunnelmodus zu ihrem Server auf. In vereinfachter Form sind die zu übertragenden Pakete inkl. der relevanten Header folgendermaßen aufgebaut (Abbildung 2):



- II.b
- **Beschreiben** Sie anhand der Abbildung 2, wie ein VPN-Tunnel entsteht und was man sich unter einem VPN-Tunnel vorzustellen hat.
  - **Stellen** Sie dar, warum es zusätzlich zu dem Aufbau eines Tunnels nötig ist, die zu übermittelnden Daten zu verschlüsseln.
  - **Analysieren** Sie, welche Nachteile sich durch die Nutzung einer VPN-Verbindung mit Verschlüsselung für die Kommunikation von Eva mit ihrem Server über eine öffentliche Internetverbindung im Gegensatz zu einer unverschlüsselten Kommunikation ohne VPN in einem lokalen Netzwerk ergeben.

(13 BE)

Der VPN-Anbieter *Wireguard* nutzt den symmetrischen Verschlüsselungsalgorithmus ChaCha20. Er ist im Vergleich zu anderen modernen symmetrischen Verfahren (wie z. B. AES) sehr einfach, aber dennoch sehr sicher. Er funktioniert wie folgt:

Zunächst wird aus einem (256 Bit langen) symmetrischen Schlüssel ein sogenannter „Streaming-Schlüssel“ gebildet, der an die Länge des Klartextes angepasst wird. Anschließend wird der (binärcodierte) Klartext über die XOR-Verknüpfung mit dem „Streaming-Schlüssel“ verknüpft. (Für die XOR-Verknüpfung siehe Anlage 1).

Eva zweifelt das Verfahren an. Sie meint, dass die XOR-Verknüpfung nicht eindeutig wieder zu entschlüsseln ist.

- II.c
- **Untersuchen** Sie, ob Evas Zweifel gerechtfertigt sind und die Entschlüsselung bei der XOR-Verknüpfung tatsächlich nicht eindeutig ist. Wie die XOR-Verknüpfung die Bits verarbeitet, lesen Sie in der Anlage 1.

(7 BE)

Eva hat begonnen, in einem kleinen Programm die ChaCha20-Verschlüsselung zu implementieren. Zunächst können nur Großbuchstaben verschlüsselt werden, z. B.:

Mit dem Klartext „HAL“

und dem folgenden Streaming-Schlüssel in passender Länge

```
' (0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1)
```

würde sich die Chiffre

```
' (0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1)
```

ergeben.

Evas Programmcode finden Sie in der Anlage 2.

- II.d
- **Beschreiben** Sie die Funktionsweise des Programms (zur Verarbeitung der Bits mit der XOR-Verknüpfung siehe Anlage 1).
  - **Implementieren** Sie die noch fehlenden Funktionen `buchstabeInBinaer` und `xorListe`.

(15 BE)

Der geheime, symmetrische Sitzungs-Schlüssel, den ChaCha20 verwendet, ist 256 Bit lang. Dieser Schlüssel wird für jede VPN-Sitzung neu berechnet und muss anschließend an beiden Tunnelenden bekannt bzw. vorhanden sein. Anschließend wird aus diesem Sitzungsschlüssel durch die Zugabe verschiedener Operationen ein pseudozufälliger Streaming-Schlüssel, der der Länge des zu verschlüsselnden Textes entspricht, berechnet.

- II.e
- **Erläutern** Sie ein Verfahren zum sicheren Austausch bzw. zur sicheren Generierung des Sitzungsschlüssels.
  - **Untersuchen** Sie die Sicherheit des ChaCha20-Verfahrens. Gehen Sie dabei auch auf das Prinzip Kerckhoffs' ein.

(7 BE)

**Anlage zur Aufgabe II: Virtual Private Network (Scheme-Version)****Anlage 1: XOR-Verknüpfung**

1	xor	1	->	0
1	xor	0	->	1
0	xor	1	->	1
0	xor	0	->	0

**Anlage 2: Evas Programm zur ChaCha20-Verschlüsselung**

```

1  (define *alphabet* '((A (0 1 0 0 0 0 0 1)) (B (0 1 0 0 0 0 0 1 0))
2  (C (0 1 0 0 0 0 1 1)) (D (0 1 0 0 0 0 1 0 0)))
3  (E (0 1 0 0 0 1 0 1)) (F (0 1 0 0 0 0 1 1 0))
4  (G (0 1 0 0 0 1 1 1)) (H (0 1 0 0 0 1 0 0 0))
5  (I (0 1 0 0 1 0 0 1)) (J (0 1 0 0 1 0 1 0))
6  (K (0 1 0 0 1 0 1 1)) (L (0 1 0 0 1 1 0 0))
7  (M (0 1 0 0 1 1 0 1)) (N (0 1 0 0 1 1 1 0))
8  (O (0 1 0 0 1 1 1 1)) (P (0 1 0 1 0 0 0 0))
9  (Q (0 1 0 1 0 0 0 1)) (R (0 1 0 1 0 0 1 0))
10 (S (0 1 0 1 0 0 1 1)) (T (0 1 0 1 0 1 0 0))
11 (U (0 1 0 1 0 1 0 1)) (V (0 1 0 1 0 1 1 0))
12 (W (0 1 0 1 0 1 1 1)) (X (0 1 0 1 1 0 0 0))
13 (Y (0 1 0 1 1 0 0 1)) (Z (0 1 0 1 1 0 1 0)))
14
15 (define (listeAlsBinaer buchstabenListe alphabetListe ausgabe)
16  (cond ((null? buchstabenListe) ausgabe)
17  (else (listeAlsBinaer (rest buchstabenListe)
18  alphabetListe
19  (append ausgabe
20  (buchstabeInBinaer (first buchstabenListe)
21  alphabetListe))))))
22
23 ;einen einzelnen Buchstaben entsprechend der Liste *alphabet* in seine
24 ;Binär-Codierung umformen
25 (define (buchstabeInBinaer buchstabe alphabetListe)
26  ...
27
28 ;XOR von Buchstabenliste und Schlüsselliste
29 (define (xorListe schluesselListe buchstabenListe ausgabe)
30  ...
31
32 (define (verschluesselnXor streamingSchluessel klartextListe)
33  (xorListe streamingSchluessel (listeAlsBinaer klartextListe *alphabet* '())
  '())))

```

**Beispiel-Aufruf:**

(verschluesselnXor '(0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1) '(H A L))

**Erwartete Ausgabe:**

'(0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1)

## Aufgabe II: Virtual Private Network (Haskell-Version)

50 BE

## Schwerpunkt: Datensicherheit in verteilten Systemen

Eva möchte von unterwegs auf ihre Daten zugreifen können, die sie zu Hause auf ihrem Server gespeichert hat. Dazu möchte sie eine Internetverbindung nutzen. Da sie auf ihrem Server auch vertrauliche Daten hat, möchte sie von ihrem Laptop aus, welchen sie auf ihren Reisen immer dabei hat, eine sogenannte VPN-Verbindung (VPN steht hier für „Virtual Private Network“; es handelt sich in der Regel um eine nach außen hin verborgene und verschlüsselte Verbindung) zu ihrem Server zu Hause herstellen können. Folgenden Aufbau hat sie sich überlegt (Abbildung 1):

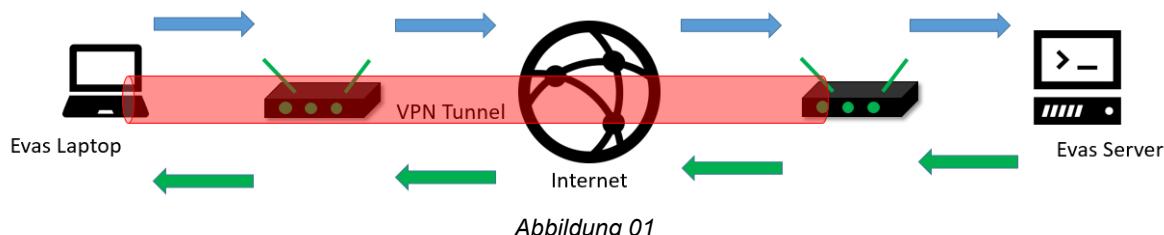


Abbildung 01

- II.a **Stellen** Sie die Relevanz der drei folgenden Kriterien beim Einsatz einer verschlüsselten VPN-Verbindung **dar**:

  - Authentizität
  - Integrität
  - Vertraulichkeit

(8 BE)

Stellt Eva mit ihrem Laptop eine Verbindung zu ihrem Server zu Hause her, baut sie eine VPN-Verbindung im sogenannten Tunnelmodus zu ihrem Server auf. In vereinfachter Form sind die zu übertragenden Pakete inkl. der relevanten Header folgendermaßen aufgebaut (Abbildung 2):

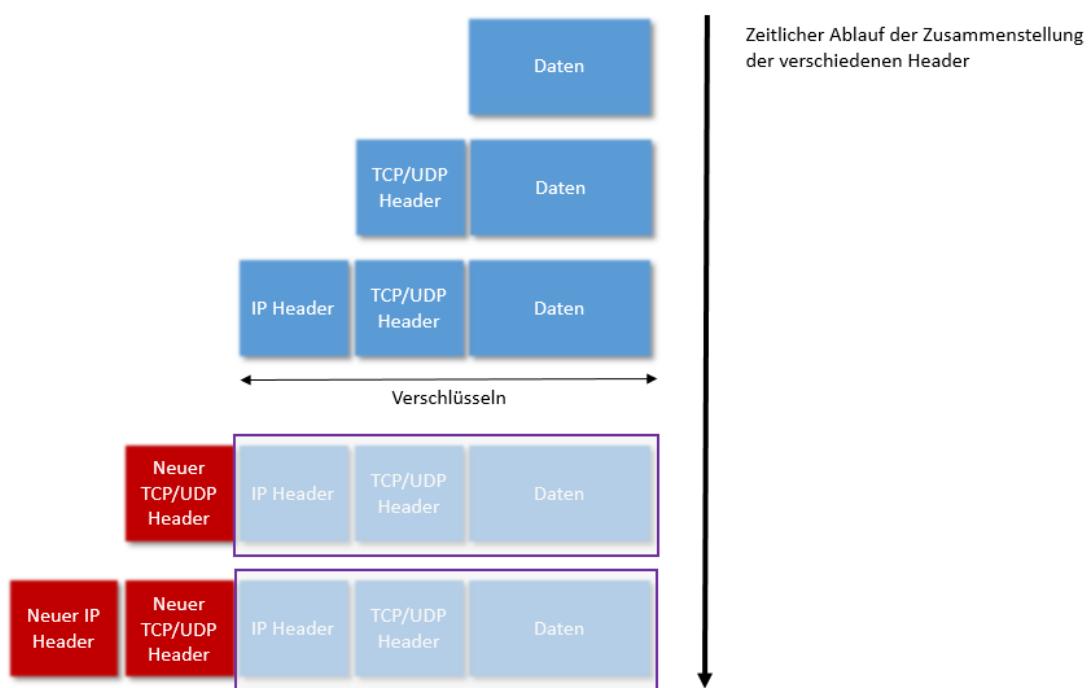


Abbildung 2

- II.b
- **Beschreiben** Sie anhand der Abbildung 2, wie ein VPN-Tunnel entsteht und was man sich unter einem VPN-Tunnel vorzustellen hat.
  - **Stellen** Sie dar, warum es zusätzlich zu dem Aufbau eines Tunnels nötig ist, die zu übermittelnden Daten zu verschlüsseln.
  - **Analysieren** Sie, welche Nachteile sich durch die Nutzung einer VPN-Verbindung mit Verschlüsselung für die Kommunikation von Eva mit ihrem Server über eine öffentliche Internetverbindung im Gegensatz zu einer unverschlüsselten Kommunikation ohne VPN in einem lokalen Netzwerk ergeben.

(13 BE)

Der VPN-Anbieter *Wireguard* nutzt den symmetrischen Verschlüsselungsalgorithmus ChaCha20. Er ist im Vergleich zu anderen modernen symmetrischen Verfahren (wie z. B. AES) sehr einfach, aber dennoch sehr sicher. Er funktioniert wie folgt:

Zunächst wird aus einem (256 Bit langen) symmetrischen Schlüssel ein sogenannter „Streaming-Schlüssel“ gebildet, der an die Länge des Klartextes angepasst wird. Anschließend wird der (binärcodierte) Klartext über die XOR-Verknüpfung mit dem „Streaming-Schlüssel“ verknüpft. (Für die XOR-Verknüpfung siehe Anlage 1).

Eva zweifelt das Verfahren an. Sie meint, dass die XOR-Verknüpfung nicht eindeutig wieder zu entschlüsseln ist.

- II.c
- Untersuchen** Sie, ob Evas Zweifel gerechtfertigt sind und die Entschlüsselung bei der XOR-Verknüpfung tatsächlich nicht eindeutig ist. Wie die XOR-Verknüpfung die Bits verarbeitet, lesen Sie in der Anlage 1.

(7 BE)

Eva hat begonnen, in einem kleinen Programm die ChaCha20-Verschlüsselung zu implementieren. Zunächst können nur Großbuchstaben verschlüsselt werden, z. B.:

Mit dem Klartext „HAL“

und dem folgenden Streaming-Schlüssel in passender Länge

"010000010100001001000011"

würde sich die Chiffre

"000010010000001100001111"

ergeben.

Evas Programmcode finden Sie in der Anlage 2.

- II.d
- **Beschreiben** Sie die Funktionsweise des Programms (zur Verarbeitung der Bits mit der XOR-Verknüpfung siehe Anlage 1).
  - **Implementieren** Sie die noch fehlenden Funktionen `buchstabeZuBinaer` und `xor`.

(15 BE)

Der geheime, symmetrische Sitzungs-Schlüssel, den ChaCha20 verwendet, ist 256 Bit lang. Dieser Schlüssel wird für jede VPN-Sitzung neu berechnet und muss anschließend an beiden Tunnelenden bekannt bzw. vorhanden sein. Anschließend wird aus diesem Sitzungsschlüssel durch die Zugabe verschiedener Operationen ein pseudozufälliger Streaming-Schlüssel, der der Länge des zu verschlüsselnden Textes entspricht, berechnet.

- II.e
- **Erläutern** Sie ein Verfahren zum sicheren Austausch bzw. zur sicheren Generierung des Sitzungsschlüssels.
  - **Untersuchen** Sie die Sicherheit des ChaCha20-Verfahrens. Gehen Sie dabei auch auf das Prinzip Kerckhoffs' ein.

(7 BE)

**Anlage zur Aufgabe II: Virtual Private Network (Haskell-Version)****Anlage 1: XOR-Verknüpfung**

1	xor	1	->	0
1	xor	0	->	1
0	xor	1	->	1
0	xor	0	->	0

**Anlage 2: Evas Programm zur ChaCha20-Verschlüsselung**

```

1  alphabet = [
2      ('A', ("01000001")), ('B', ("01000010")),
3      ('C', ("01000011")), ('D', ("01000100")),
4      ('E', ("01000101")), ('F', ("01000110")),
5      ('G', ("01000111")), ('H', ("01001000")),
6      ('I', ("01001001")), ('J', ("01001010")),
7      ('K', ("01001011")), ('L', ("01001100")),
8      ('M', ("01001101")), ('N', ("01001110")),
9      ('O', ("01001111")), ('P', ("01010000")),
10     ('Q', ("01010001")), ('R', ("01010010")),
11     ('S', ("01010011")), ('T', ("01010100")),
12     ('U', ("01010101")), ('V', ("01010110")),
13     ('W', ("01010111")), ('X', ("01011000")),
14     ('Y', ("01011001")), ('Z', ("01011010"))
15 ]
16
17 textZuBinaer_ text alphabet = unwords (map (buchstabeZuBinaer alphabet) text)
18
19 --textZuBinaer klartext alphabet ausgabe
20
21 textZuBinaer []           ausgabe = ausgabe
22 textZuBinaer (b:rest) _ alphabet ausgabe = textZuBinaer rest alphabet (ausgabe ++
23   (buchstabeZuBinaer alphabet b))
24 --einen einzelnen Buchstaben entsprechend der Liste alphabet in seine Binaer-
25 --Codierung umformen
26 --buchstabeZuBinaer alphabet buchstabe
27 ...
28 --XOR von Buchstabenliste und Schluesselliste
29 --xor schluessel klartext ausgabe
30
31 --verschluesseln mit XOR
32 --verschluesselnXOR schluessel klartext
33 verschluesselnXOR streamingSchluessel klartext = xor streamingSchluessel
  (textZuBinaer klartext alphabet "") ""

```

Beispiel-Aufruf:

verschluesselnXOR "010000010100001001000011" "HAL"

Erwartete Ausgabe:

"000010010000001100001111"

**Aufgabe III: Dame (Scheme-Version)****50 BE****Schwerpunkt: Intelligente Suchverfahren**

Das Dame-Spiel ist ein Zweipersonenspiel an einem Spielbrett. Das Spielbrett entspricht einem normalen Schachbrett (siehe Abbildung 1 und für eine ausführliche Beschreibung des Spiels die Anlage 1).

Alle schwarzen und weißen Steine werden allein auf den schwarzen Feldern (diagonal) und immer in Richtung der gegnerischen Seite bewegt, um dort die Grundlinie zu erreichen.

Wir betrachten das Spiel nur aus der Sicht des Spielers der weißen Steine. Er kann bei einer Position wie in Abbildung 2 den schwarzen Stein durch Überspringen „schlagen“, um ihn vom Feld zu entfernen.

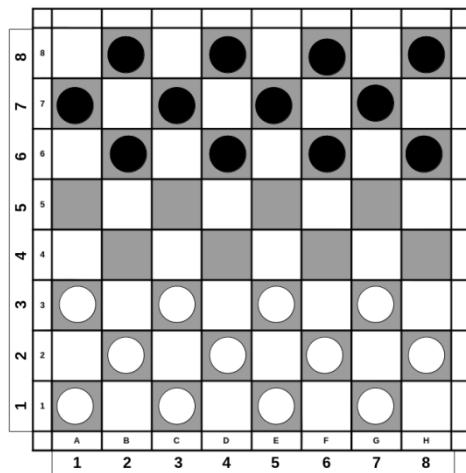


Abbildung 1

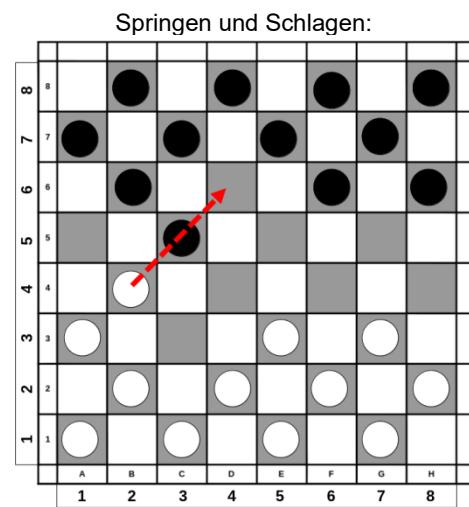


Abbildung 2

Zur Beschreibung der Positionen werden statt wie beim Schach üblich der Buchstaben in dieser Aufgabe zur Vereinfachung die Zahlen von 1 bis 8 verwendet.

Als Datenstruktur zum Verwalten des Zustands des Spielfeldes wird die folgende Liste verwendet, die so wie hier angegeben den Startzustand beschreibt (siehe auch Abbildung 1).

```

1 (define
2   *zustand*
3   '(((1 1) (3 1) (5 1) (7 1)
4     (2 2) (4 2) (6 2) (8 2)
5     (1 3) (3 3) (5 3) (7 3))
6     ((8 8) (6 8) (4 8) (2 8)
7     (7 7) (5 7) (3 7) (1 7)
8     (8 6) (6 6) (4 6) (2 6)))
9   )
10 )

```

- III.a • **Erläutern** Sie die obige Datenstruktur (siehe Seite 1).

- Mit der Definition

```
(define links-oben '(-1 1))
```

werden die Daten für das Verschieben eines Steins nach links oben angegeben.

**Geben** Sie die fehlenden Definitionen für die anderen drei möglichen Bewegungen beim Setzen der Steine **an**.

- **Erläutern** Sie die Funktionsweise der im Folgenden angegebenen Hilfsfunktion `ist-schwarzes-feld?`:

```
1 ; Hilfsfunktion ist-schwarzes-feld?
2 (define
3   (ist-schwarzes-feld? feld)
4   (and
5     (positive? (first feld))
6     (positive? (second feld)))
7     (<= (first feld) 8)
8     (<= (second feld) 8)
9     (even? (+ (first feld) (second feld))))
10   )
11  )
```

(12 BE)

Erreicht ein Spielstein die gegnerische Grundlinie, wird er zu einer „Dame“ aufgewertet. Diese Dame ist sehr viel wertvoller, da sie sich auch diagonal rückwärts bewegen kann und bei ihrem Ziehen auch mehrere freie Felder in einem Zug überwinden kann.

Ein vorrangiges Ziel eines Spielers ist daher, nach einem Weg zu suchen, auf dem einer seiner Steine die gegnerische Grundlinie erreicht und zu einer Dame wird. Verwenden Sie für die folgende Teilaufgabe den im folgenden Bild dargestellten Zustand des Spielfelds.

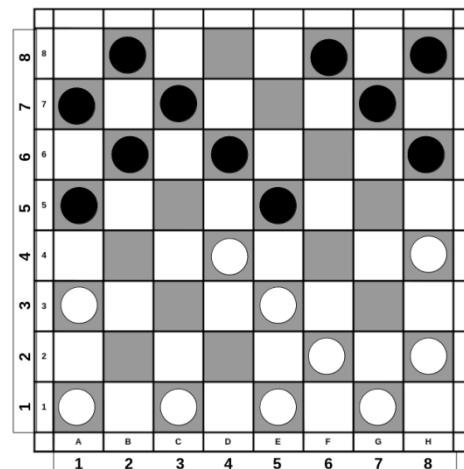


Abbildung 3

- III.b • **Beschreiben** Sie am Beispiel des weißen Steins auf dem Feld D 4 (also dem Feld mit der Kennzeichnung (4 4)) ein Suchverfahren, mit dem der weiße Spieler beim dargestellten Zustand in der obigen Abbildung 3 in mehreren Schritten einen Weg zur gegnerischen Grundlinie finden kann.

*Hinweis: Gehen Sie hier vereinfachend davon aus, dass der Gegner inzwischen nicht selbst mit seinen Steinen ziehen kann.*

- Erläutern** Sie, dass das Problem komplizierter wird, wenn der Gegner (wie im Spiel üblich) jeweils selbst auch mit seinen Steinen ziehen kann.
- Untersuchen** Sie, welche Auswirkungen das Ziehen des Gegners auf die effiziente Anwendbarkeit des von Ihnen vorgeschlagenen Verfahrens hat.

(13 BE)

Die in der Anlage 2 angegebene Funktion untersucht, ob der übergebene Stein springen kann, und gibt in dem Fall das Zielfeld zurück.

- III.c **Analysieren** Sie die in Anlage 2 angegebene Funktion `weisserKannSpringen`.

(6 BE)

In den folgenden Teilaufgaben wird nicht mehr die Dame des gleichnamigen Dame-Spiels, sondern die Dame beim Schachspiel thematisiert. Beim Schachspiel führen die Spielmöglichkeiten der Dame auf eine andere Problemstellung. Hier kann die Dame nicht nur diagonal, sondern auch waagerecht (also von links nach rechts oder rechts nach links) oder senkrecht (also von vorn nach hinten bzw. von hinten nach vorn, im Bild von oben nach unten bzw. von unten nach oben) beliebig weit bewegt werden, um eine andere Spielfigur zu schlagen, wenn sie diese trifft. Wie beim Schach üblich, darf sie zudem alle Felder besetzen, also sowohl weiße als auch schwarze. Anders als beim Damespiel darf sie die gegnerischen Spielfiguren zum Schlagen aber nicht überspringen, stattdessen nimmt sie deren Platz ein.

In Loslösung vom eigentlichen Schachspiel mit seinen Regeln stellt sich hier nun die Frage, ob sich mehrere solcher Damen (unabhängig von ihrer Farbe) so auf dem Spielfeld positionieren lassen, dass sie sich nicht untereinander bedrohen, also nicht in derselben Zeile, Spalte oder Diagonale stehen (siehe Abbildung 4).

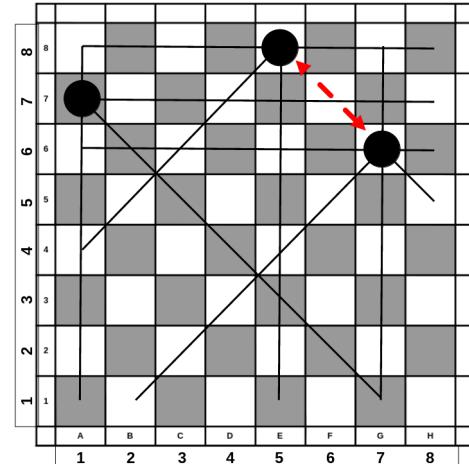


Abbildung 4

- III.d
- **Geben** Sie für ein Spielfeld mit 4-mal-4 Feldern (also vier Zeilen und vier Spalten) eine Belegung **an**, bei der sich vier Damen nicht bedrohen (sich also nicht gegenseitig schlagen können), und **erläutern** Sie diese.
  - **Erläutern** Sie das prinzipielle Vorgehen, um mit Hilfe der Tiefensuche eine Belegung mit acht Damen auf einem 8-mal-8-Feld zu finden.
  - **Vergleichen** Sie den Berechnungsaufwand, mit dem bei der entsprechenden Problemstellung für vier Damen auf einem 4-mal-4-Feld im Vergleich zu acht Damen auf einem 8-mal-8-Feld zu rechnen ist, und gehen Sie dabei auch auf die Frage nach der Lösbarkeit dieser Problemstellung bei größeren Feldern ein.

(14 BE)

- III.e **Analysieren** Sie die die Funktionsweise der folgenden Funktion `freies-feld`, die für jede der vorhandenen Damen ein Feld sucht, auf dem sie nicht bedroht wird (also nicht geschlagen werden kann).

```

1  (define
2    (freies-feld alle-damen alle-felder)
3
4    (define
5      (ok? damen feld)
6      (cond
7        ((null? damen)
8         #t)
9        ((bedroht? (first damen) feld)
10       #f)
11        (else
12          (ok? (rest damen) feld)))
13        )
14
15      (cond
16        ((null? alle-felder)
17         '())
18        ((ok? alle-damen (first alle-felder))
19         (first alle-felder))
20        (else
21          (freies-feld alle-damen (rest alle-felder))))
22        )
23
24 ; Hilfsfunktion bedroht?
25 ; prueft, ob die dame das feld bedroht
26 (define
27   (bedroht? dame feld)
28   ...
29   )

```

(5 BE)

**Anlagen zur Aufgabe III: Dame (Scheme-Version)****Anlage 1: Ausführliche Spielbeschreibung**

Beim Dame-Spiel spielen zwei Spielerinnen oder Spieler gegeneinander, die sich am Spielbrett, welches einem normalen Schachbrett entspricht (siehe Abbildung 1), gegenübersetzen.

Es gibt einfache flache Spielsteine, für die Spielerin oder den Spieler die weißen, für die Gegenerin oder den Gegner die schwarzen.

Alle Steine werden allein auf den schwarzen Feldern bewegt, so dass sie sich nur diagonal bewegen dürfen. Die einfachen Spielsteine werden dabei jeweils ein Feld allein in der Richtung zum Gegner beziehungsweise der Gegnerin hin bewegt.

Wenn ein eigener Stein direkt vor einem gegnerischen Stein steht und das Feld dahinter frei ist, kann der gegnerische Stein „geschlagen“ werden, indem man ihn überspringt. Der geschlagene Stein wird dann vom Spielfeld entfernt (siehe Abbildung 2).

Dabei kann es vorkommen, dass nach dem ersten Sprung weitergesprungen werden kann, so dass mehrere gegnerische Steine in einem Zug geschlagen werden können.

Wird die Möglichkeit zum Springen nicht wahrgenommen, kann der Gegner beziehungsweise die Gegnerin den entsprechenden Stein vom Spielfeld entfernen.

Das Spiel ist gewonnen, wenn die Gegnerin bzw. der Gegner nicht mehr ziehen oder springen kann.

Die Felder werden üblicherweise mit Buchstaben für die Spalten und Zahlen für die Zeilen benannt, also beispielsweise A1 oder B3 bis H8 (wahlweise mit kleinen Buchstaben). Zur Vereinfachung werden für die Aufgaben aber keine Buchstaben (Symbole) zur Benennung der Felder angewendet, sondern nur die Spaltenindexwerte und die Zeilenindexwerte, jeweils von 1 bis 8.

**Anlage 2: Funktion für Teilaufgabe III.c**

```

1  (define
2      (weisser-kann-springen stein richtungen zustand)
3      (cond
4          ((not (ist-weisser? stein zustand)) ; kein weisser Stein
5              #f)
6          ((and
7              (ist-schwarzer?
8                  (neues-feld stein (first richtungen))
9                  zustand)
10             (feld-frei? (sprungziel stein (first richtungen)) zustand))
11             (sprungziel stein (first richtungen)))
12          ((and
13              (ist-schwarzer?
14                  (neues-feld stein (second richtungen))
15                  zustand)
16              (feld-frei? (sprungziel stein (second richtungen)) zustand))
17              (sprungziel stein (second richtungen)))
18          (else
19              #f)
20          )
21      )
22
23 ; Hilfsfunktion sprungziel
24 (define
25     (sprungziel stein richtung)
26     (neues-feld
27         (neues-feld stein richtung)
28         richtung)
29     )
30
31 ; Definition der Richtungen; abhängig von der verwendeten Datenstruktur
32 (define *richtungen*
33     '(links-oben rechts-oben ; fuer weiss
34       links-unten rechts-unten) ; fuer schwarz
35     )
36
37 ; Hilfsfunktion ist-weisser?
38 ; prüft, ob das Feld von einem weißen Stein besetzt ist
39 (define
40     (ist-weisser? feld zustand)
41     ...
42     )
43
44 ; Hilfsfunktion ist-schwarzer?
45 ; prüft, ob das Feld von einem schwarzen Stein besetzt ist
46 (define
47     (ist-schwarzer? feld zustand)
48     ...
49     )
50
51 ; Hilfsfunktion neues-Feld
52 ; gibt das neue Feld in der uebergebenen Richtung zurueck
53 (define
54     (neues-feld stein richtung)
55     ...
56     )
57
58 ; Hilfsfunktion feld-frei?
59 ; prueft, ob das uebergebene Feld im aktuellen Zustand frei ist
60 (define
61     (feld-frei? feld zustand)
62     ...
63     )))

```

**Aufgabe III: Dame (Haskell-Version)****50 BE****Schwerpunkt: Intelligente Suchverfahren**

Das Dame-Spiel ist ein Zweipersonenspiel an einem Spielbrett. Das Spielbrett entspricht einem normalen Schachbrett (siehe Abbildung 1 und für eine ausführliche Beschreibung des Spiels die Anlage 1).

Alle schwarzen und weißen Steine werden allein auf den schwarzen Feldern (diagonal) und immer in Richtung der gegnerischen Seite bewegt, um dort die Grundlinie zu erreichen.

Wir betrachten das Spiel nur aus der Sicht des Spielers der weißen Steine. Er kann bei einer Position wie in Abbildung 2 den schwarzen Stein durch Überspringen „schlagen“, um ihn vom Feld zu entfernen.

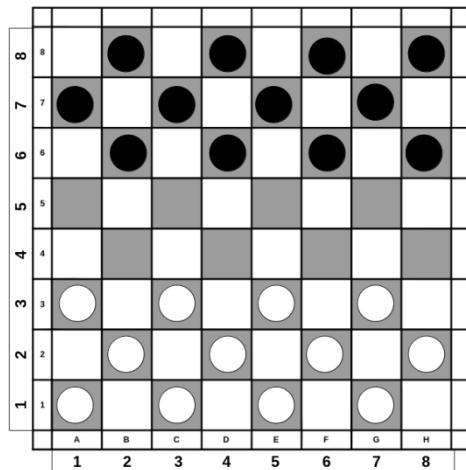


Abbildung 1

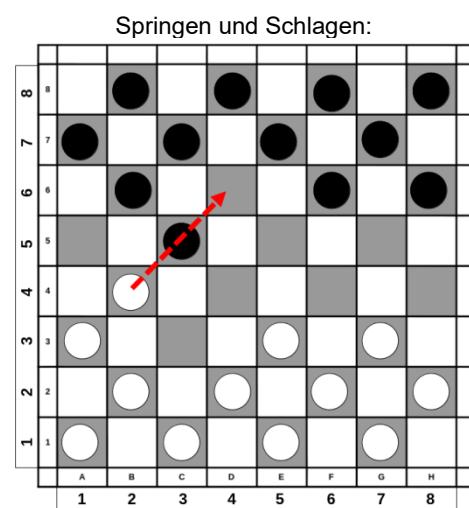


Abbildung 2

Zur Beschreibung der Positionen werden statt wie beim Schach üblich der Buchstaben in dieser Aufgabe zur Vereinfachung die Zahlen von 1 bis 8 verwendet.

Als Datenstruktur zum Verwalten des Zustands des Spielfeldes wird die folgende Liste verwendet, die so wie hier angegeben den Startzustand beschreibt (siehe auch Abbildung 1).

```

1 zustand = ([(1,1), (3,1), (5,1), (7,1),
2 (2,2), (4,2), (6,2), (8,2),
3 (1,3), (3,3), (5,3), (7,3)],
4 [(8,8), (6,8), (4,8), (2,8),
5 (7,7), (5,7), (3,7), (1,7),
6 (8,6), (6,6), (4,6), (2,6)])

```

- III.a • **Erläutern** Sie die obige Datenstruktur (siehe Seite 1).

- Mit der Definition

linksOben =  $(-1, 1)$

werden die Daten für das Verschieben eines Steins nach links oben angegeben.

**Geben** Sie die fehlenden Definitionen für die anderen drei möglichen Bewegungen beim Setzen der Steine **an**.

- **Erläutern** Sie die Funktionsweise der im Folgenden angegebenen Hilfsfunktion `istSchwarzesFeld`:

```
1 --Hilfsfunktion istSchwarzesFeld feld
2 istSchwarzesFeld (x, y) =
3   (x > 0) && (y > 0) && (x < 8) && (y < 8) && (even (x+y))
```

(12 BE)

Erreicht ein Spielstein die gegnerische Grundlinie, wird er zu einer „Dame“ aufgewertet. Diese Dame ist sehr viel wertvoller, da sie sich auch diagonal rückwärts bewegen kann und bei ihrem Ziehen auch mehrere freie Felder in einem Zug überwinden kann. Ein vorrangiges Ziel eines Spielers ist daher, nach einem Weg zu suchen, auf dem einer seiner Steine die gegnerische Grundlinie erreicht und zu einer Dame wird. Verwenden Sie für die folgende Teilaufgabe den im folgenden Bild dargestellten Zustand des Spielfelds.

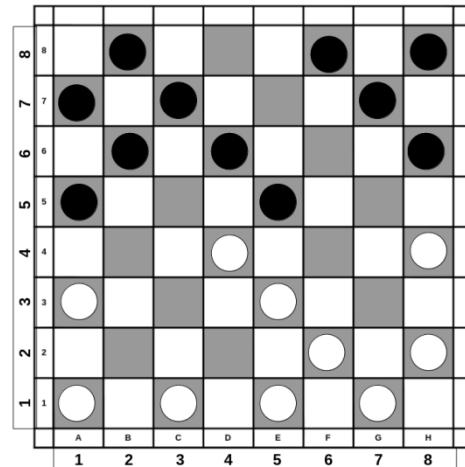


Abbildung 3

- III.b • **Beschreiben** Sie am Beispiel des weißen Steins auf dem Feld D 4 (also dem Feld mit der Kennzeichnung (4, 4)) ein Suchverfahren, mit dem der weiße Spieler beim dargestellten Zustand in der obigen Abbildung 3 in mehreren Schritten einen Weg zur gegnerischen Grundlinie finden kann.
- **Hinweis:** Gehen Sie hier vereinfachend davon aus, dass der Gegner inzwischen nicht selbst mit seinen Steinen ziehen kann.
  - **Erläutern** Sie, dass das Problem komplizierter wird, wenn der Gegner (wie im Spiel üblich) jeweils selbst auch mit seinen Steinen ziehen kann.
  - **Untersuchen** Sie, welche Auswirkungen das Ziehen des Gegners auf die effiziente Anwendbarkeit des von Ihnen vorgeschlagenen Verfahrens hat.

(13 BE)

Die in der Anlage 2 angegebene Funktion untersucht, ob der übergebene Stein springen kann, und gibt in dem Fall das Zielfeld zurück.

- III.c **Analysieren** Sie die in Anlage 2 angegebene Funktion `weisserKannSpringen`.

(6 BE)

In den folgenden Teilaufgaben wird nicht mehr die Dame des gleichnamigen Dame-Spiels, sondern die Dame beim Schachspiel thematisiert. Beim Schachspiel führen die Spielmöglichkeiten der Dame auf eine andere Problemstellung. Hier kann die Dame nicht nur diagonal, sondern auch waagerecht (also von links nach rechts oder rechts nach links) oder senkrecht (also von vorn nach hinten bzw. von hinten nach vorn, im Bild von oben nach unten bzw. von unten nach oben) beliebig weit bewegt werden, um eine andere Spielfigur zu schlagen, wenn sie diese trifft. Wie beim Schach üblich, darf sie zudem alle Felder besetzen, also sowohl weiße als auch schwarze. Anders als beim Damespiel darf sie die gegnerischen Spielfiguren zum Schlagen aber nicht überspringen, stattdessen nimmt sie deren Platz ein.

In Loslösung vom eigentlichen Schachspiel mit seinen Regeln stellt sich hier nun die Frage, ob sich mehrere solcher Damen (unabhängig von ihrer Farbe) so auf dem Spielfeld positionieren lassen, dass sie sich nicht untereinander bedrohen, also nicht in derselben Zeile, Spalte oder Diagonale stehen (siehe Abbildung 4).

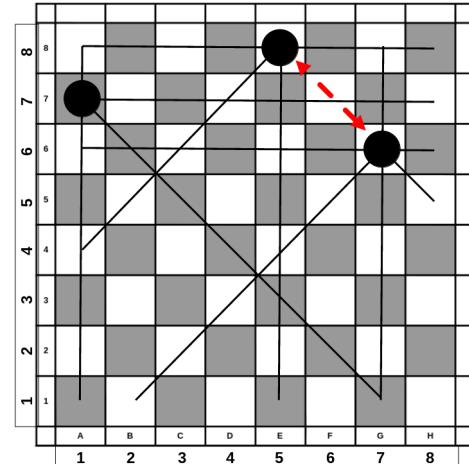


Abbildung 4

- III.d
- **Geben** Sie für ein Spielfeld mit 4-mal-4 Feldern (also vier Zeilen und vier Spalten) eine Belegung **an**, bei der sich vier Damen nicht bedrohen (sich also nicht gegenseitig schlagen können), und **erläutern** Sie diese.
  - **Erläutern** Sie das prinzipielle Vorgehen, um mit Hilfe der Tiefensuche eine Belegung mit acht Damen auf einem 8-mal-8-Feld zu finden.
  - **Vergleichen** Sie den Berechnungsaufwand, mit dem bei der entsprechenden Problemstellung für vier Damen auf einem 4-mal-4-Feld im Vergleich zu acht Damen auf einem 8-mal-8-Feld zu rechnen ist, und gehen Sie dabei auch auf die Frage nach der Lösbarkeit dieser Problemstellung bei größeren Feldern ein.

(14 BE)

- III.e **Analysieren** Sie die die Funktionsweise folgenden Funktion `freiesFeld`, die für jede der vorhandenen Damen ein Feld sucht, auf dem sie nicht bedroht wird (also nicht geschlagen werden kann).

```

1  --freiesFeld alleDamen alleFelder
2  freiesFeld          []      = []
3  freiesFeld alleDamen (feld:felder)
4  | (okay alleDamen feld)   = feld: []
5  | otherwise              = freiesFeld alleDamen felder
6
7  --okay damen feld
8  okay []                  = True
9  okay (dame:damen) feld
10 | (bedroht dame feld)   = False
11 | otherwise              = okay damen feld
12
13 --Hilfsfunktion bedroht
14 --prüft, ob die Dame das Feld bedroht
15 bedroht dame feld ...

```

(5 BE)

**Anlagen zur Aufgabe III: Dame (Haskell-Version)****Anlage 1: Ausführliche Spielbeschreibung**

Beim Dame-Spiel spielen zwei Spielerinnen oder Spieler gegeneinander, die sich am Spielbrett, welches einem normalen Schachbrett entspricht (siehe Abbildung 1), gegenübersetzen.

Es gibt einfache flache Spielsteine, für die Spielerin oder den Spieler die weißen, für die Gegenerin oder den Gegner die schwarzen.

Alle Steine werden allein auf den schwarzen Feldern bewegt, so dass sie sich nur diagonal bewegen dürfen. Die einfachen Spielsteine werden dabei jeweils ein Feld allein in der Richtung zum Gegner beziehungsweise der Gegnerin hin bewegt.

Wenn ein eigener Stein direkt vor einem gegnerischen Stein steht und das Feld dahinter frei ist, kann der gegnerische Stein „geschlagen“ werden, indem man ihn überspringt. Der geschlagene Stein wird dann vom Spielfeld entfernt (siehe Abbildung 2).

Dabei kann es vorkommen, dass nach dem ersten Sprung weitergesprungen werden kann, so dass mehrere gegnerische Steine in einem Zug geschlagen werden können.

Wird die Möglichkeit zum Springen nicht wahrgenommen, kann der Gegner beziehungsweise die Gegnerin den entsprechenden Stein vom Spielfeld entfernen.

Das Spiel ist gewonnen, wenn die Gegnerin bzw. der Gegner nicht mehr ziehen oder springen kann.

Die Felder werden üblicherweise mit Buchstaben für die Spalten und Zahlen für die Zeilen benannt, also beispielsweise A1 oder B3 bis H8 (wahlweise mit kleinen Buchstaben). Zur Vereinfachung werden für die Aufgaben aber keine Buchstaben (Symbole) zur Benennung der Felder angewendet, sondern nur die Spaltenindexwerte und die Zeilenindexwerte, jeweils von 1 bis 8.

**Anlage 2: Funktion für Teilaufgabe III.c**

```

1  -- weisserKannSpringen stein richtungen zustand
2  weisserKannSpringen stein (ri1:ri2:richtungen) zustand
3  | (not (istWeisser stein zustand)) = False
4  | ((istSchwarzer (neuesFeld stein ri1) zustand) &&
5    (feldFrei (sprungziel stein ri1 zustand)) = True
6  | ((istSchwarzer (neuesFeld stein ri2) zustand) &&
7    (feldFrei (sprungziel stein ri2 zustand)) = True
8  | otherwise = False
9
10 --Hilfsfunktion sprungziel stein richtung
11 sprungziel stein richtung = neuesFeld (neuesFeld stein richtung) richtung
12
13 --Definition der Richtungen; abhängig von der verwendeten Datenstruktur
14 richtungen = [linksOben, rechtsOben --für Weiß
15           linksUnten, rechtsUnten --für Schwarz
16           ]
17
18 --Hilfsfunktion istWeisser feld zustand
19 -- prüft, ob das Feld von einem weißen Stein besetzt ist
20 istWeisser feld zustand ...
21
22 --Hilfsfunktion istSchwarzer feld zustand
23 -- prüft, ob das Feld von einem schwarzen Stein besetzt ist
24 istSchwarzer feld zustand ...
25
26 --Hilfsfunktion neuesFeld stein richtung
27 -- gibt das neue Feld in der übergebenen Richtung zurück
28 neues Feld stein richtung ...
29
30 --Hilfsfunktion feldFrei feld zustand
31 -- prüft, ob das übergebene Feld im aktuellen Zustand frei ist
32 feldFrei feld zustand ...

```