EINI
LogWing/WiMa/MP

Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

Vorlesung 2 SWS WS 24/25

Dr. Lars Hildebrand
Fakultät für Informatik – Technische Universität Dortmund
lars.hildebrand@tu-dortmund.de
http://ls14-www.cs.tu-dortmund.de

Thema

- **Kapitel 5**
  Algorithmen und Datenstrukturen
  - Konstruktion von Datentypen: Arrays
  - Algorithmen: Sortieren

- **Unterlagen**
  - Dißmann, Stefan und Ernst-Erich Doberkat*: Einführung in die objektorientierte Programmierung mit Java*, 2. Auflage. München [u.a.]: Oldenbourg, 2002, Kapitel 3.4 & 4.1. (→ ZB oder Volltext aus Uninetz)
  - Echtle, Klaus und Michael Goedicke: *Lehrbuch der Programmierung mit Java*. Heidelberg: dpunkt-Verl, 2000, Kapitel 4. (→ ZB)
  - Gumm, Heinz-Peter und Manfred Sommer: *Einführung in die Informatik*, 10. Auflage. München: De Gruyter, 2012, Kapitel 2.7 – 2.8. (→ Volltext aus Uninetz)

In diesem Kapitel:

Übersicht

Begriffe

- ✓ Spezifikationen, Algorithmen, formale Sprachen
- ✓ Programmiersprachenkonzepte
- ✓ Grundlagen der imperativen Programmierung

- ➢ Algorithmen und Datenstrukturen
  - ✓ Felder
  - ✓ Sortieren
  - ✓ Rekursive Datenstrukturen (Baum, binärer Baum, Heap)
  - ➢ Heapsort

- ► Objektorientierung
  - ► Einführung
  - ► Vererbung
  - ► Anwendung

Binärer Baum I

Definition: Binärer Baum

1. Der "leere" Baum $\varnothing$ ist ein binärer Baum mit der Knotenmenge $\varnothing$.

2. Seien B_i binäre Bäume mit den Knotenmengen K_i , $i = 1,2$. Dann ist auch $B = (w, B_1, B_2)$ ein binärer Baum mit der Knotenmenge

$$K = \{w\} \cup^* K_1 \cup^* K_2.$$

($\cup^*$ bezeichnet disjunkte Vereinigung.)

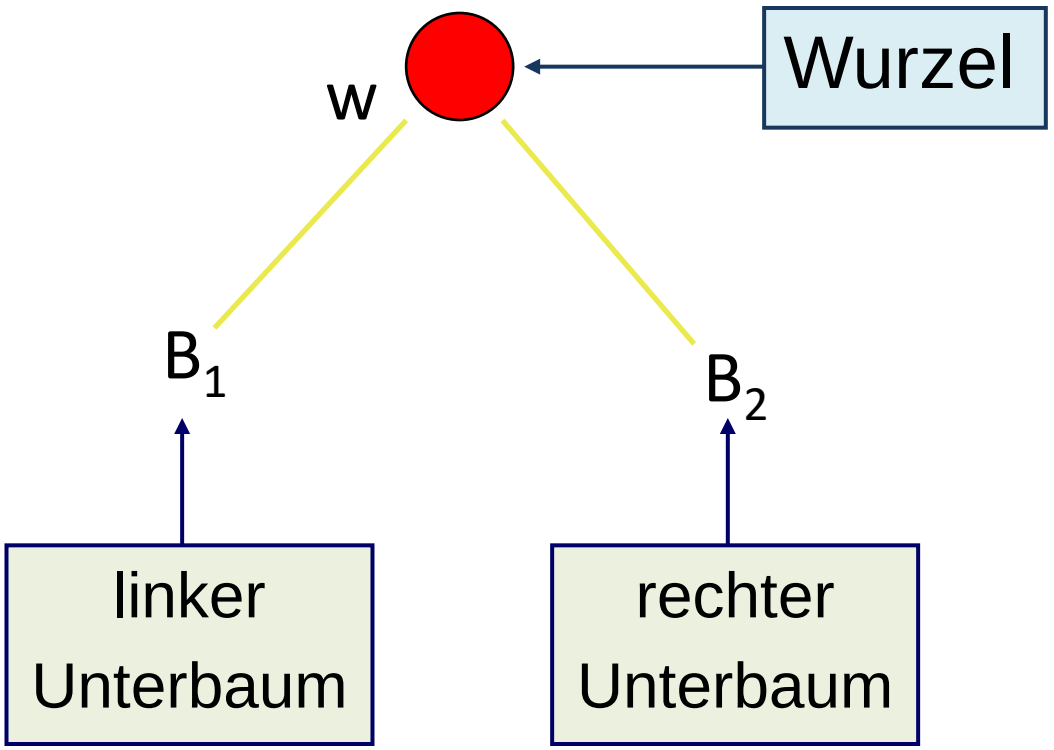
3. Jeder binäre Baum B lässt sich durch endlich häufige Anwendung von 1.) oder 2.) erhalten.

Binärer Baum II

Sprech- und Darstellungsweisen (siehe Punkt 2):

Sei $B = (w, B_1, B_2)$ binärer Baum:

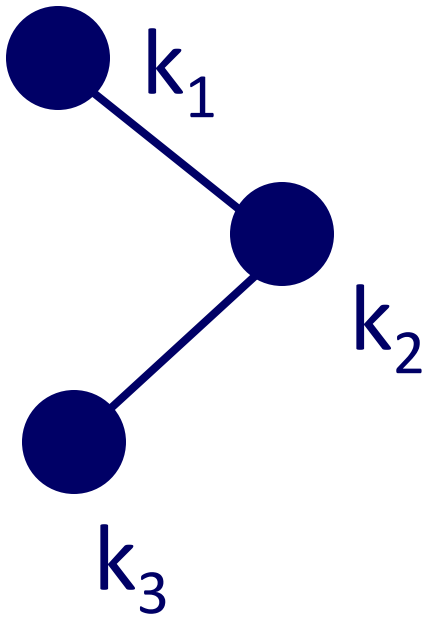
w heißt **Wurzel**, B_1 linker und B_2 rechter **Unterbaum**.



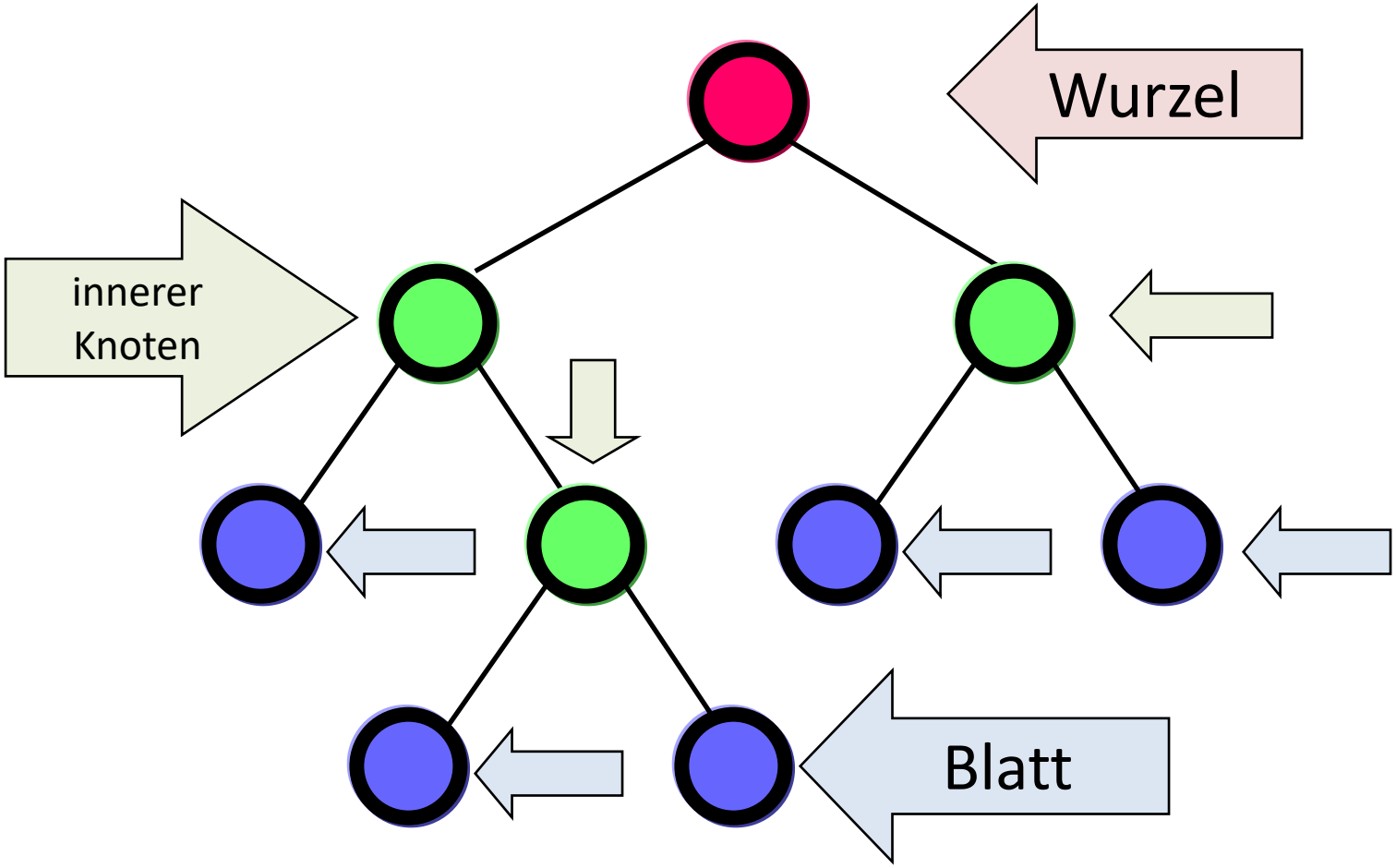
Binärer Baum III

- Darstellung eines Beispiels nach Definition:

$$B_1 = (k_1, \varnothing, (k_2, (k_3, \varnothing, \varnothing), \varnothing)).$$



Terminologie *Binäre Bäume*



In diesem Kapitel:

- Prolog
- Arrays
- Sortieren
- **Rekursive Datenstrukturen**

Knotenmarkierter binärer Baum

- **Definition**: Sei M eine Menge.

  (B, *km*) ist ein **knotenmarkierter** binärer **Baum**

  (mit Markierungen aus M)

  :⇔

  1. B ist binärer Baum (mit Knotenmenge K = K(B)).
  2. *km*: K --> M Abbildung.

     (Markierung/Beschriftung der Knoten k ∈ K mit Elementen m ∈ M)

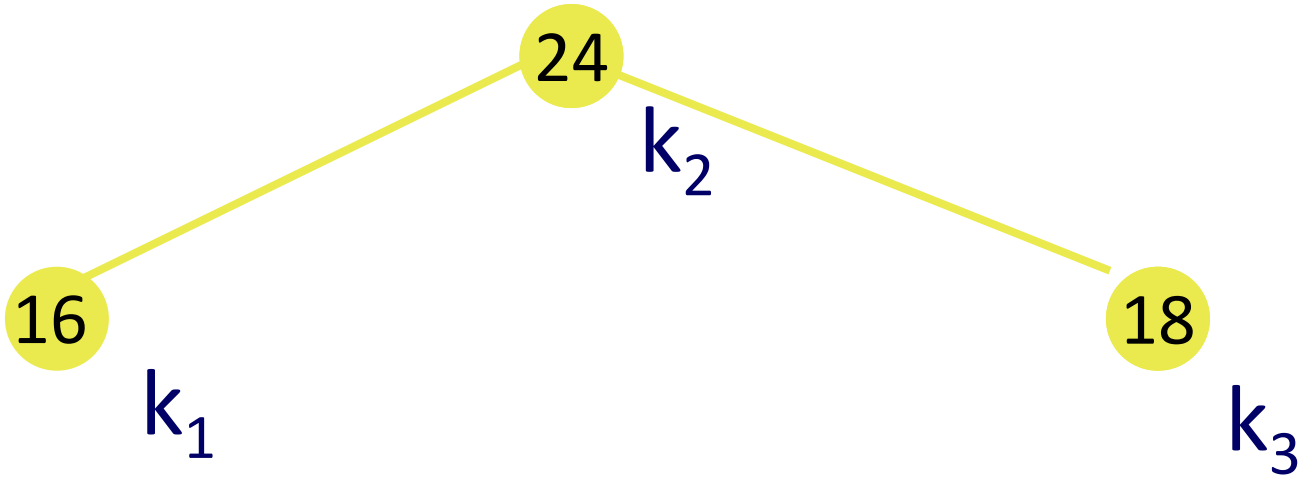
Jedem Knoten wird ein Element aus der Menge M zugeordnet.

Alternative: Markierung von Kanten.

Knotenmarkierter binärer Baum

Beispiel

- M := $\mathbb{Z}$, $\mathbb{Z}$:= Menge der ganzen Zahlen
- Damit existiert auf M eine Ordnung!
- "Übliche" Darstellung der Knotenbeschriftung *km* durch "Anschreiben" der Beschriftung an/in die Knoten.



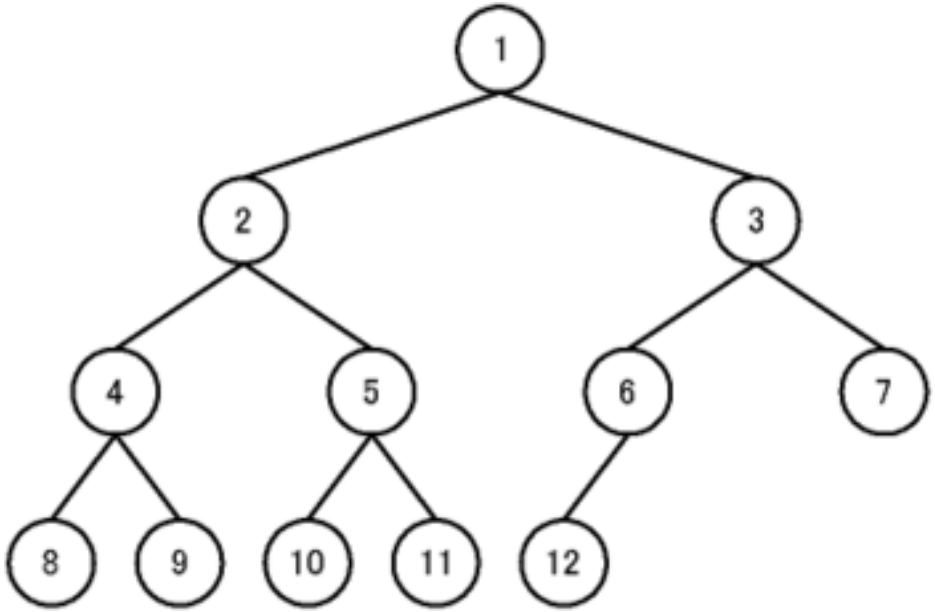
Definition: Heap

- Ein **Heap** (Haufen) ist ein knotenmarkierter binärer Baum, für den gilt:
  - Die Markierungsmenge ist geordnet.
  - Der binäre Baum ist links-vollständig.
  - Die Knotenmarkierung der Wurzel ist kleiner oder gleich der Markierung des linken bzw. rechten Sohnes (sofern vorhanden).
  - Die Unterbäume der Wurzel sind Heaps.

- An der Wurzel steht das kleinste (eines der kleinsten) Element(e).

Beispiel: Heap

- Binärbaum
- Alle Ebenen, bis auf letzte, vollständig gefüllt
- Links-vollständig gefüllt
- Knotenmarkierung der Wurzel kleiner als die der Kinder



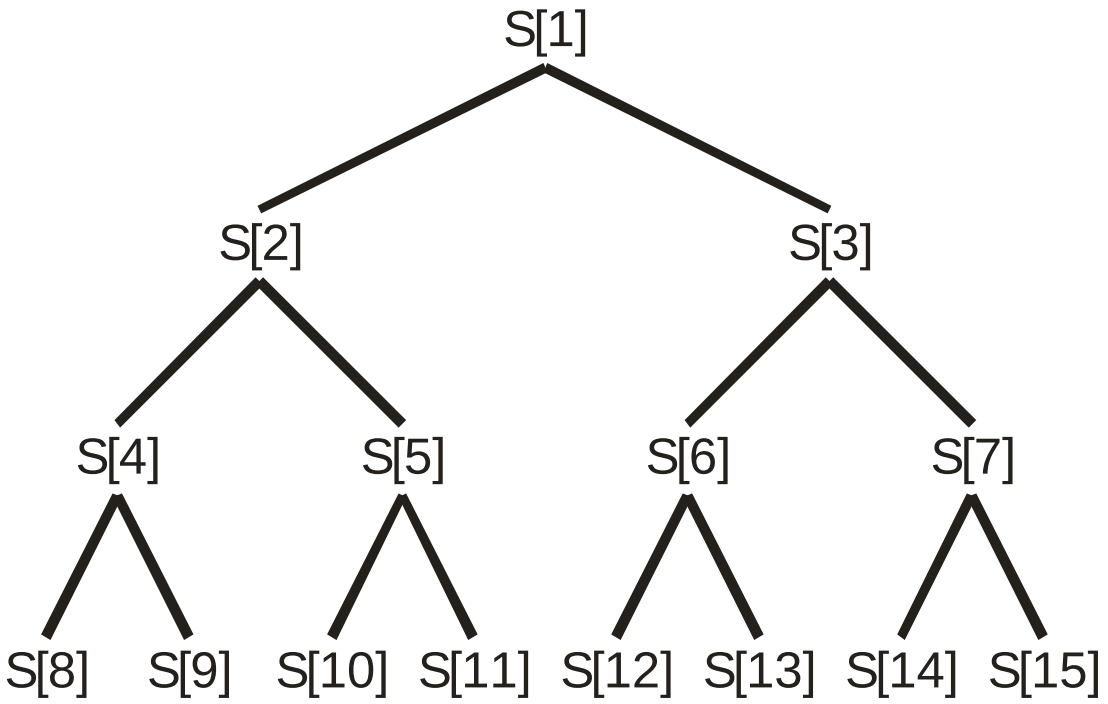
Abstrakte Datentypen

Grobe Idee zum abstrakten Datentyp *Heap*:

- **Datenstruktur**
  - siehe Folien vorher
- **Operationen**
  - **Initialisierung** eines (leeren) Heaps
  - **Einfügen** eines Elementes in einen Heap
  - **Entfernen** des kleinsten Elementes/ eines der kleinsten Elemente aus dem Heap und Hinterlassen eines Rest-Heaps
  - Zudem:
    - Heap ist leer/voll?
    - Drucken
    - .....

Implementierung über Feld I

Darstellung: Binärer Baum ↔ Feld



Array

S[1]	S[2]	S[3]	S[4]			S[12]	S[13]	S[14]	S[15]

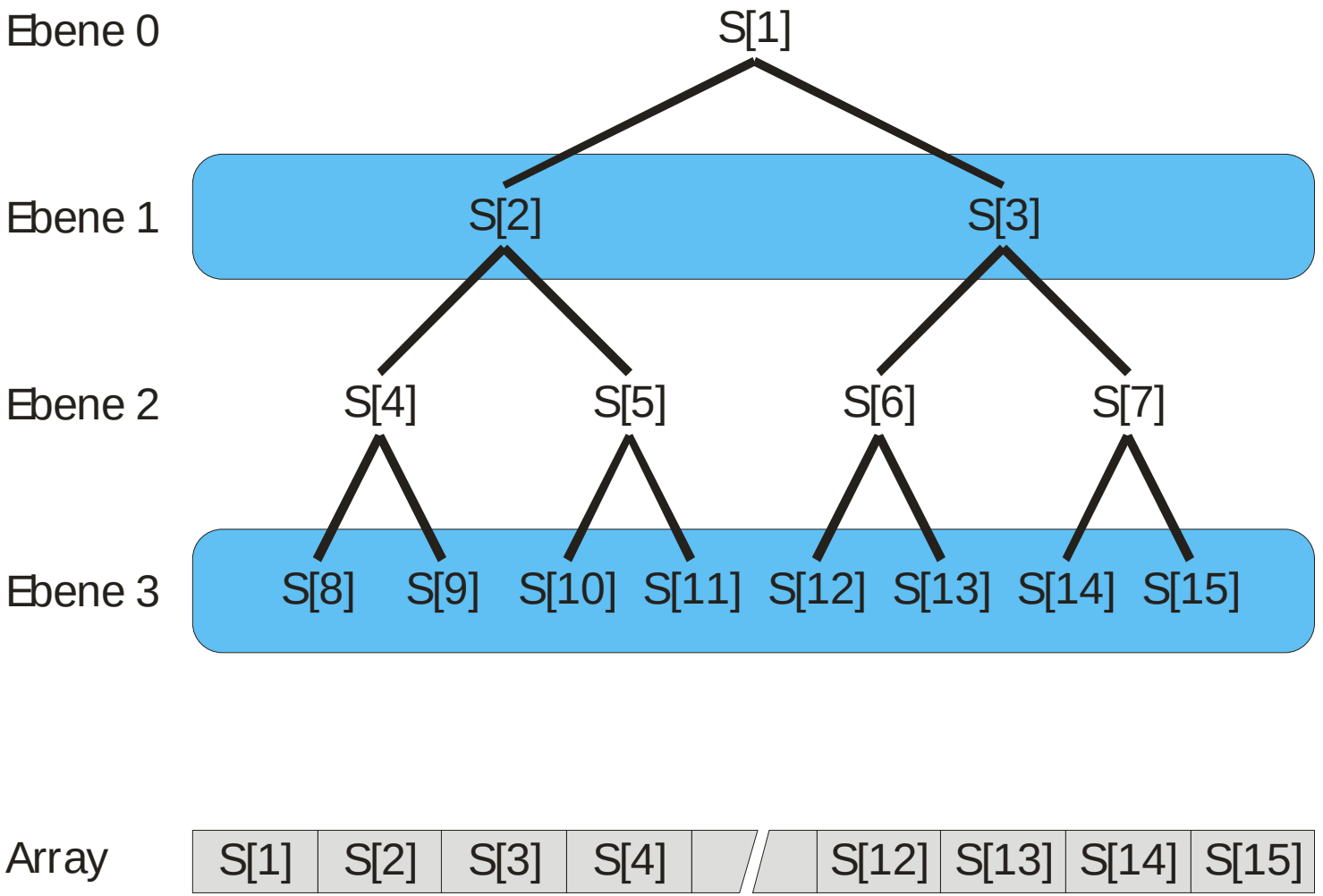
Implementierung über Feld II

- Beziehung Baum-Feld-Darstellung:
  - Der Inhalt des i-ten Knotens in der Baumdarstellung wird im i-ten Feldelement abgelegt.
    - Das bedeutet: Baum ebenenweise von links nach rechts eintragen.
    - ❖ Das Feldelement a[0] wird **nicht** verwendet!

- Beobachtung:
  - Die Söhne des Knotens i in einem Heap haben die Knotennummern:

• 2i	: linker Sohn
• 2i + 1	: rechter Sohn
• Beweis	: induktiv

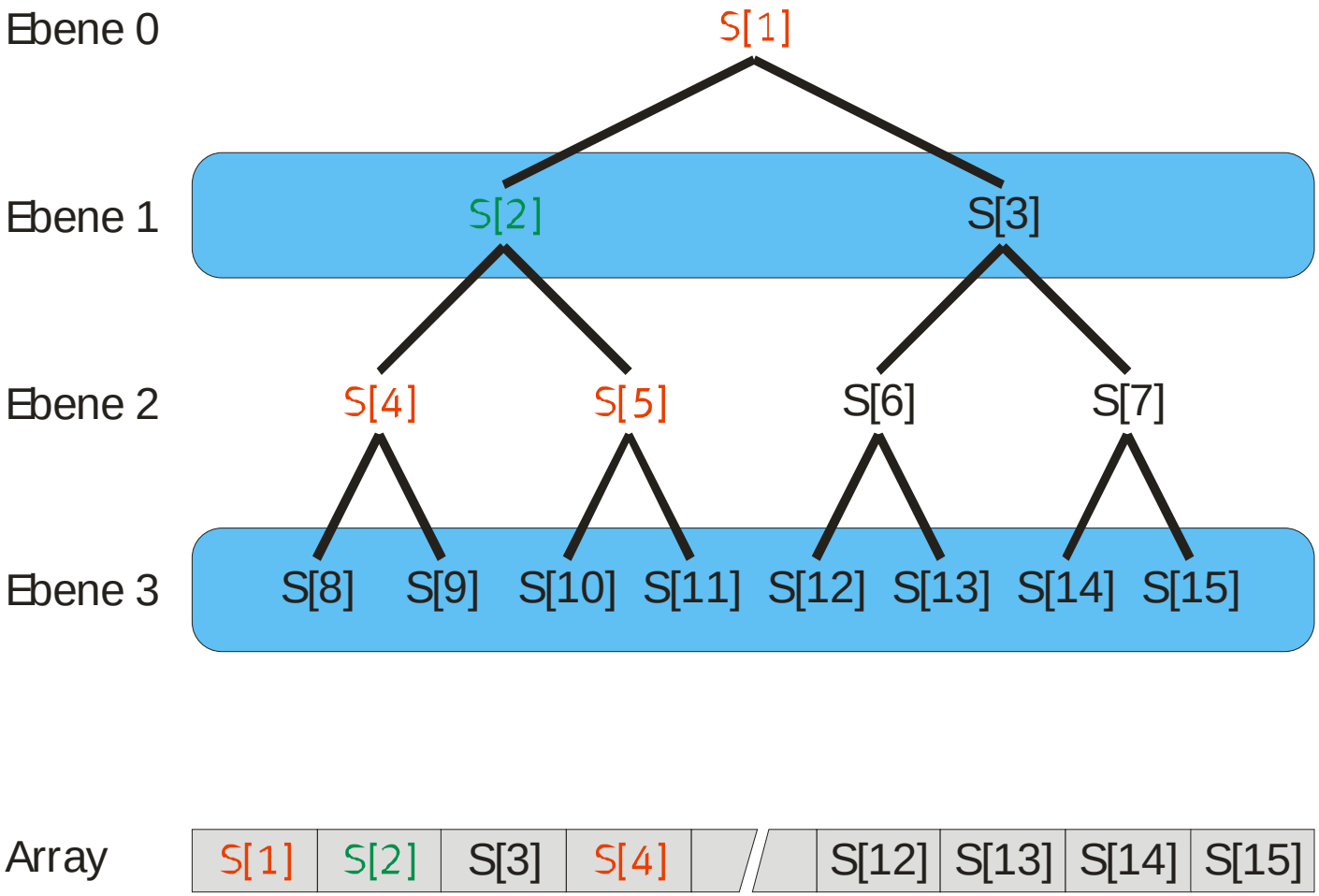
Implementierung über Feld III



In Tiefe i befinden sich die Schlüssel $S[2^i \ldots 2^{i+1}-1]$.

Implementierung über Feld IV

- linker Sohn von S[i] → S[2i]
- rechter Sohn von S[i] → S[2i+1]
- Vater von S[i]→S[⌊i/2⌋]



In diesem Kapitel:

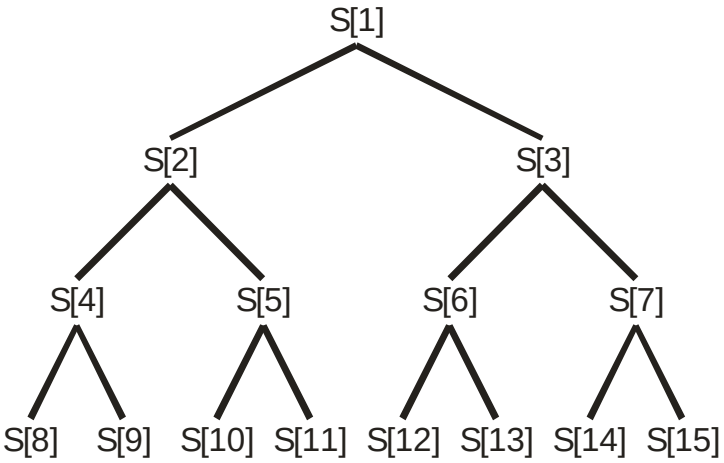
- Prolog
- Arrays
- Sortieren
- **Rekursive Datenstrukturen**

Heap-Eigenschaft

- Die Heapeigenschaft wird über die Inhalte definiert.
- Ein Feld *a* mit *n* ganzen Zahlen realisiert einen *Heap*,
  - falls $a[i/2] \leq a[i]$ für alle $i = 2, ..., n$ gilt.
  - Der Wert des Vaters ist höchstens so groß, wie der der Söhne.
  - Dabei ist "/" als ganzzahlige Division zu verstehen (z.B. 5/2 = 2).
  - Verzicht auf Floor( )-Funktion $\lfloor \rfloor$ in der Notation.
- In einem (Minimum-)Heap, realisiert durch das Feld *a,* steht das kleinste Element immer in *a[1].*
- Der Maximum-Heap wird analog definiert.

Beobachtungen

- Ein Feld S[1 . . . n] ist ein Heap ab Position i, wenn der Teilbaum mit Wurzel i ein Heap ist.
- Jedes Feld ist ein Heap ab ⌊n/2⌋ + 1, denn alle Einträge mit Indices ab ⌊n/2 ⌋ + 1 haben keine Kinder. D.h. der Teilbaum besteht nur aus einer Wurzel.
- Ist S[1 . . . n] ein Heap ab i, so ist S ebenfalls ein Heap ab 2i und 2i + 1.



Operation Einfügen: Algorithmus I

- Eingabe:
  - Heap **a** mit **n** Elementen, neues Element **x**
- Ergebnis:
  - Heap **a** mit **n+1** Elementen, **x** seiner Größe gemäß eingefügt.
- Vorgehensweise:
  - Schaffe neuen Knoten **n+1**, setze **a[n+1] = x**.
  - Füge also neuen Knoten mit Beschriftung **x** in den Heap (evtl. noch an falscher Stelle) ein.
  - Sortiere an richtige Stelle ein.

Operation Einfügen: Algorithmus II

"An richtiger Stelle einsortieren" – Idee:

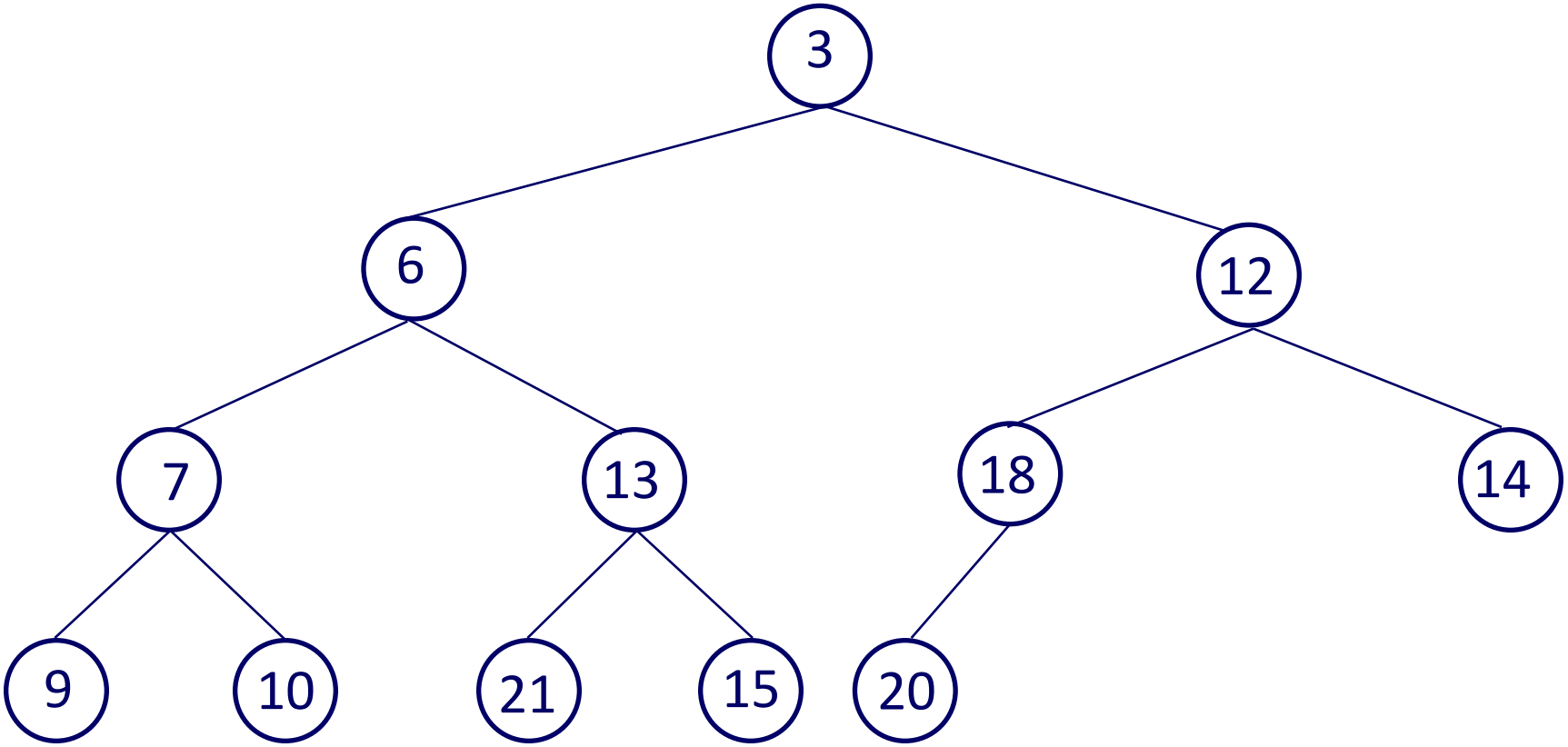
- **einsortieren(k)** :
  - **k** bezeichnet Knotennummer.
  - Ist **k=1**, so ist nichts zu tun.
  - Ist **k>1**, so geschieht folgendes:
    - falls **a[k/2] > a[k],**
      - vertausche **a[k/2]** mit **a[k],**
      - rufe **einsortieren(k/2)** auf

Verletzung der Heap-Eigenschaft

❖ Einsortieren ist somit eine rekursive Funktion!

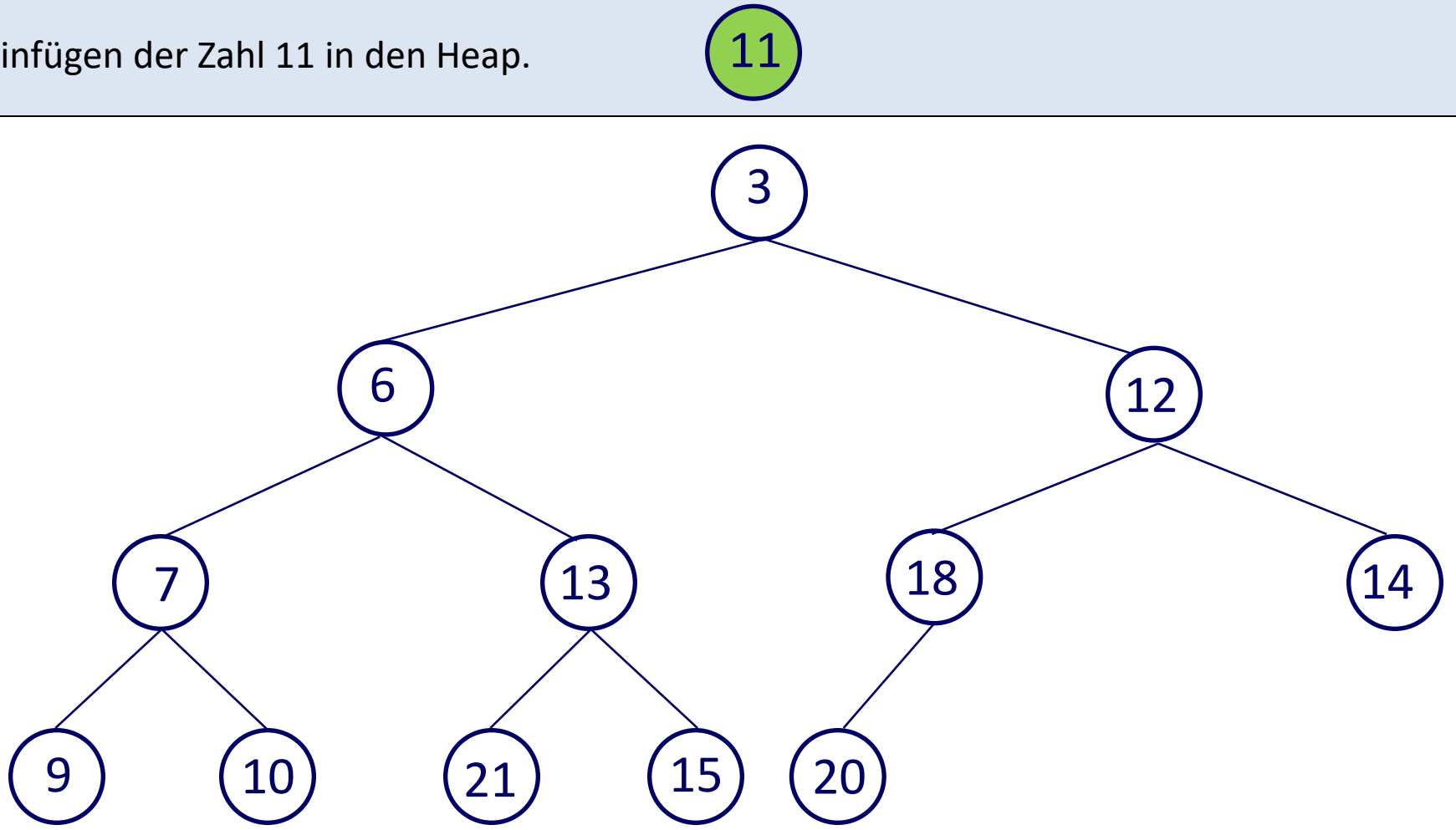
Beispiel I

Ausgangssituation:



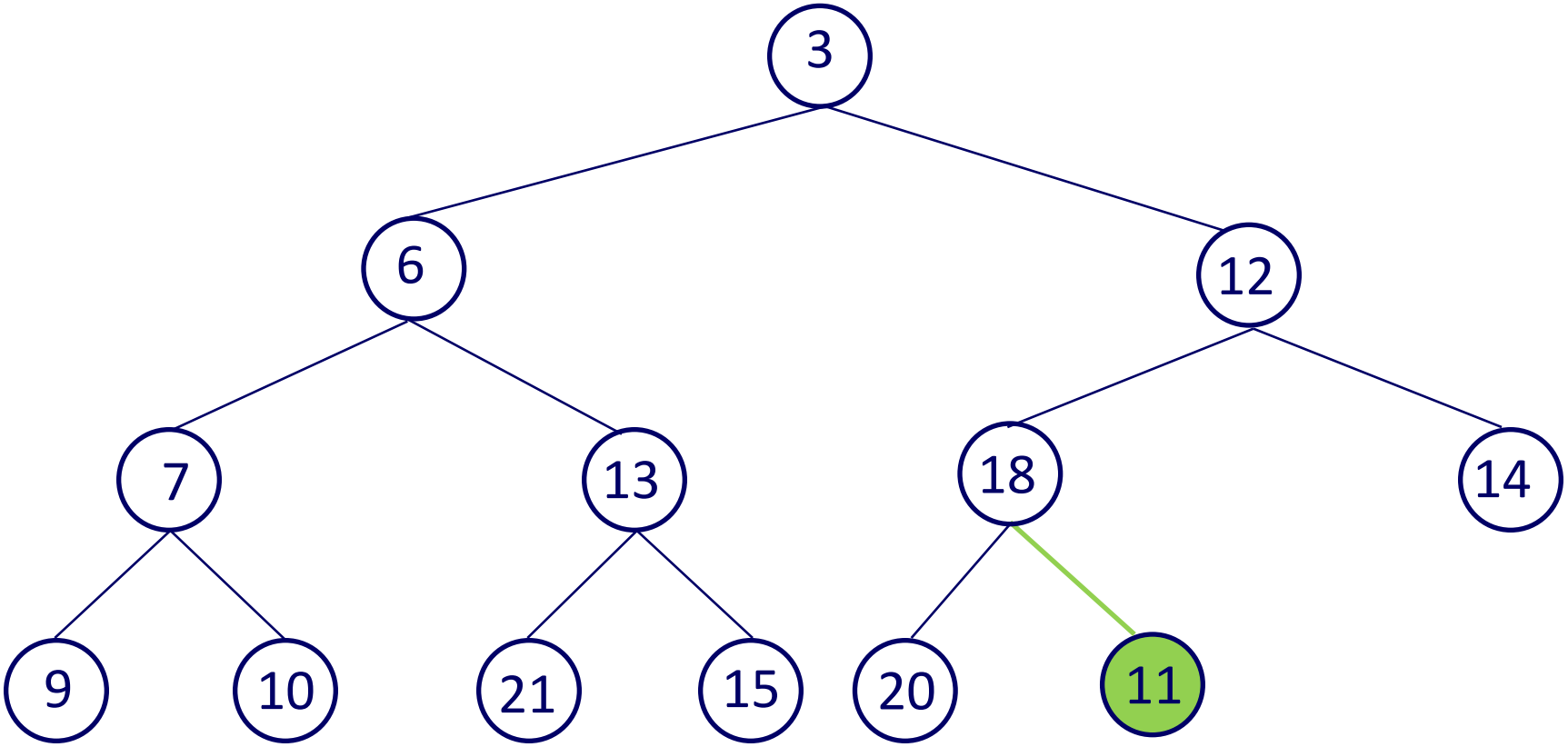
Beispiel II

Einfügen der Zahl 11 in den Heap.



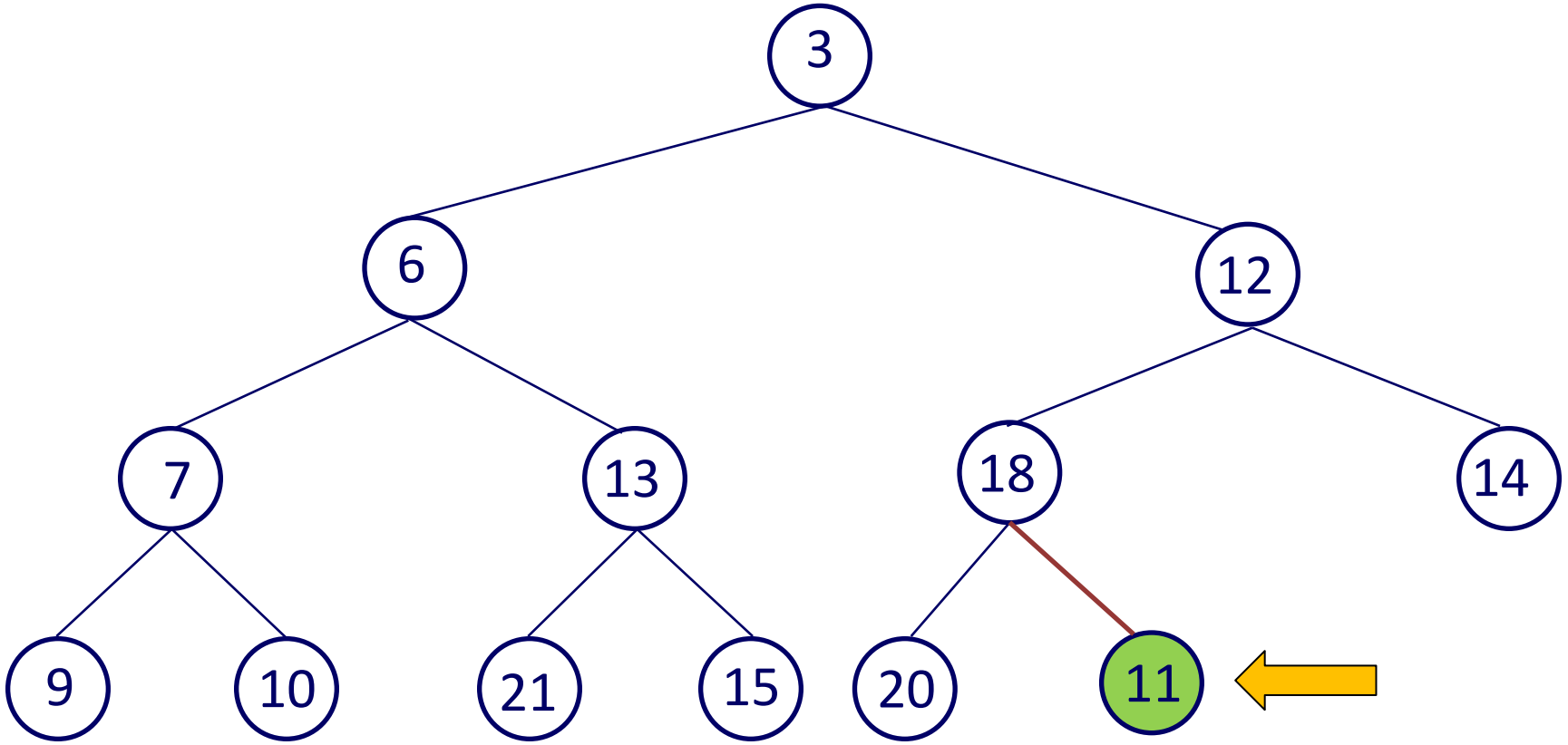
Beispiel III

Linksvollständigkeit bietet nur eine Position:



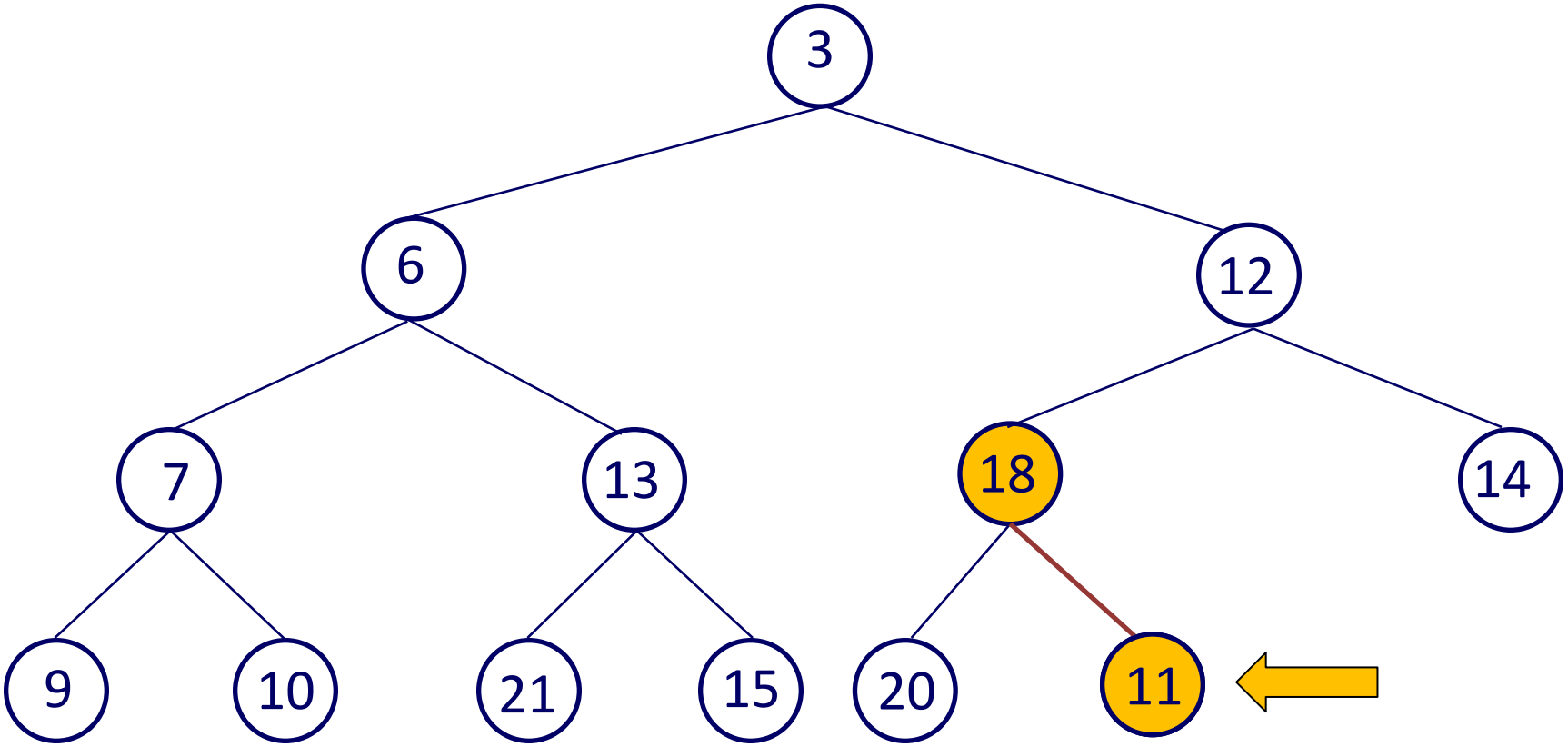
Beispiel IV

Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



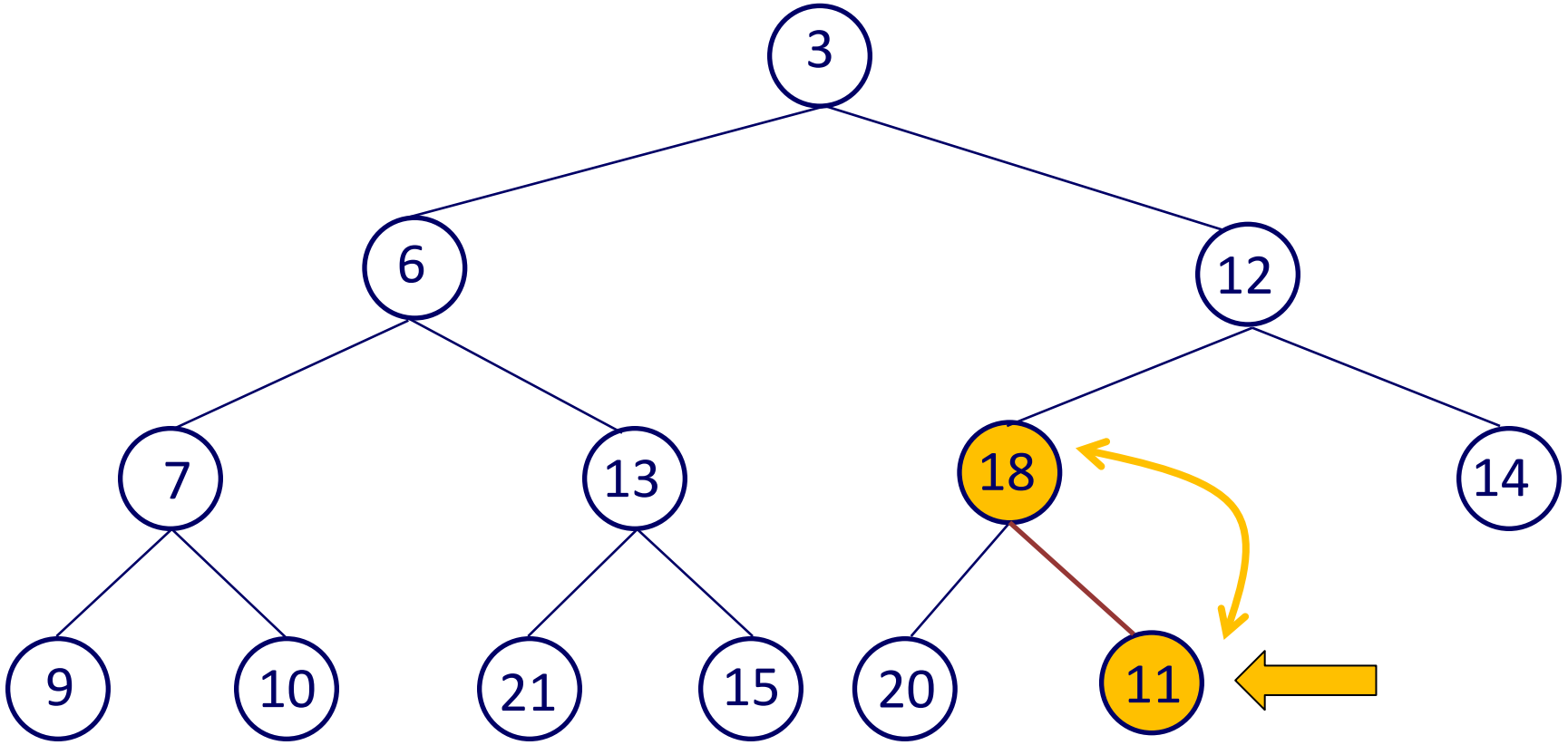
Beispiel V

Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



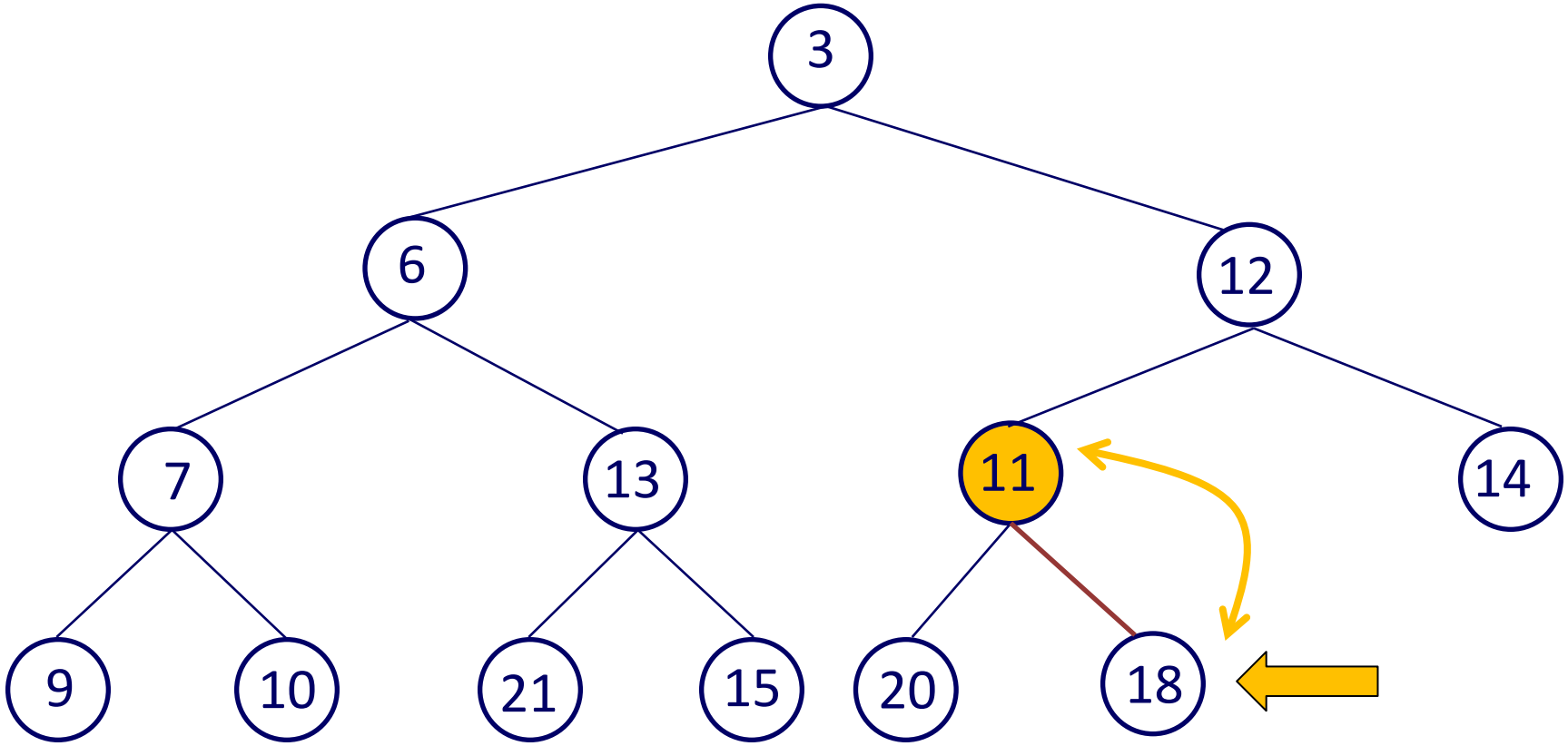
Beispiel VI

Vater größer als Sohn → Positionen vertauschen:



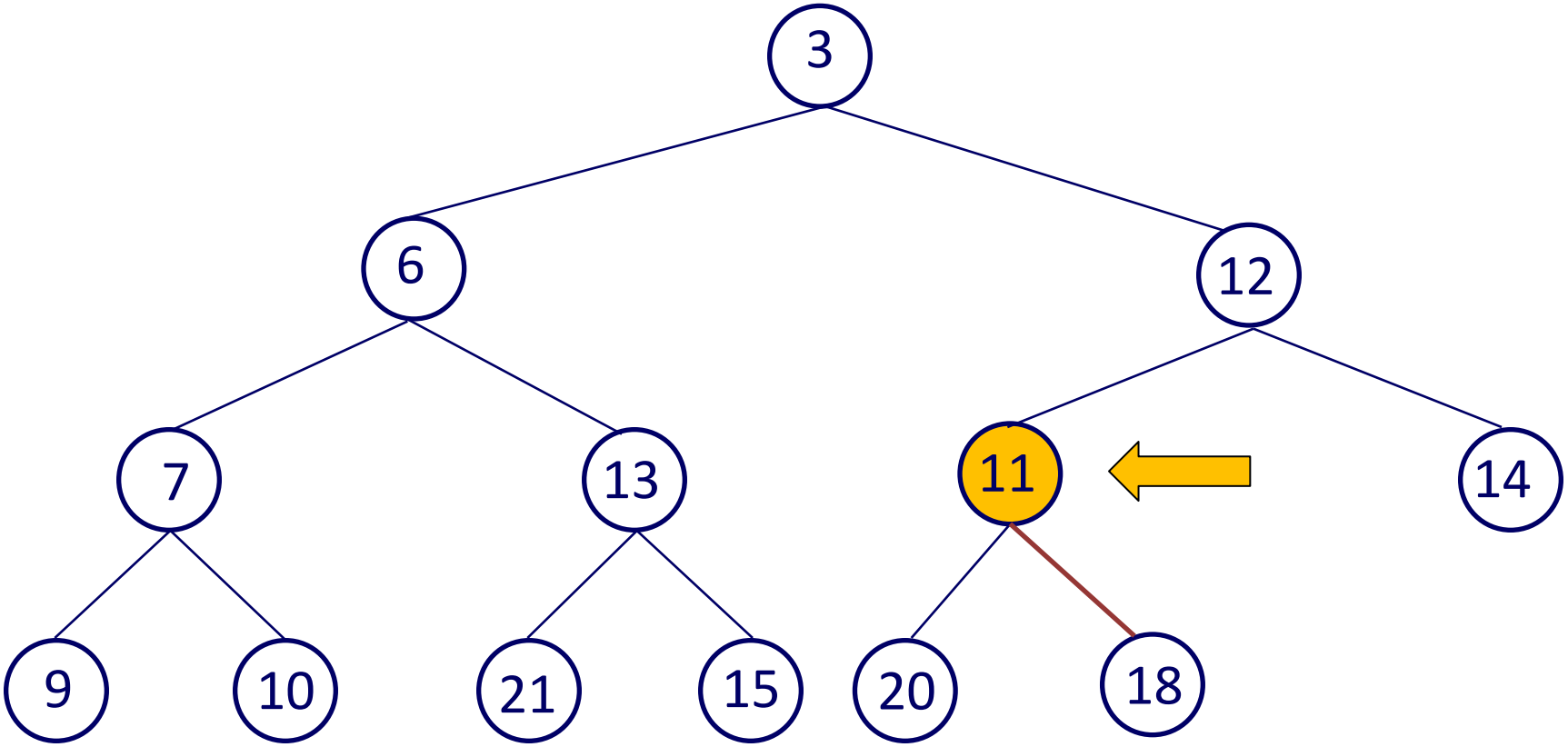
Beispiel VII

Knoten mit Inhalt 18 ist an der richtigen Position.



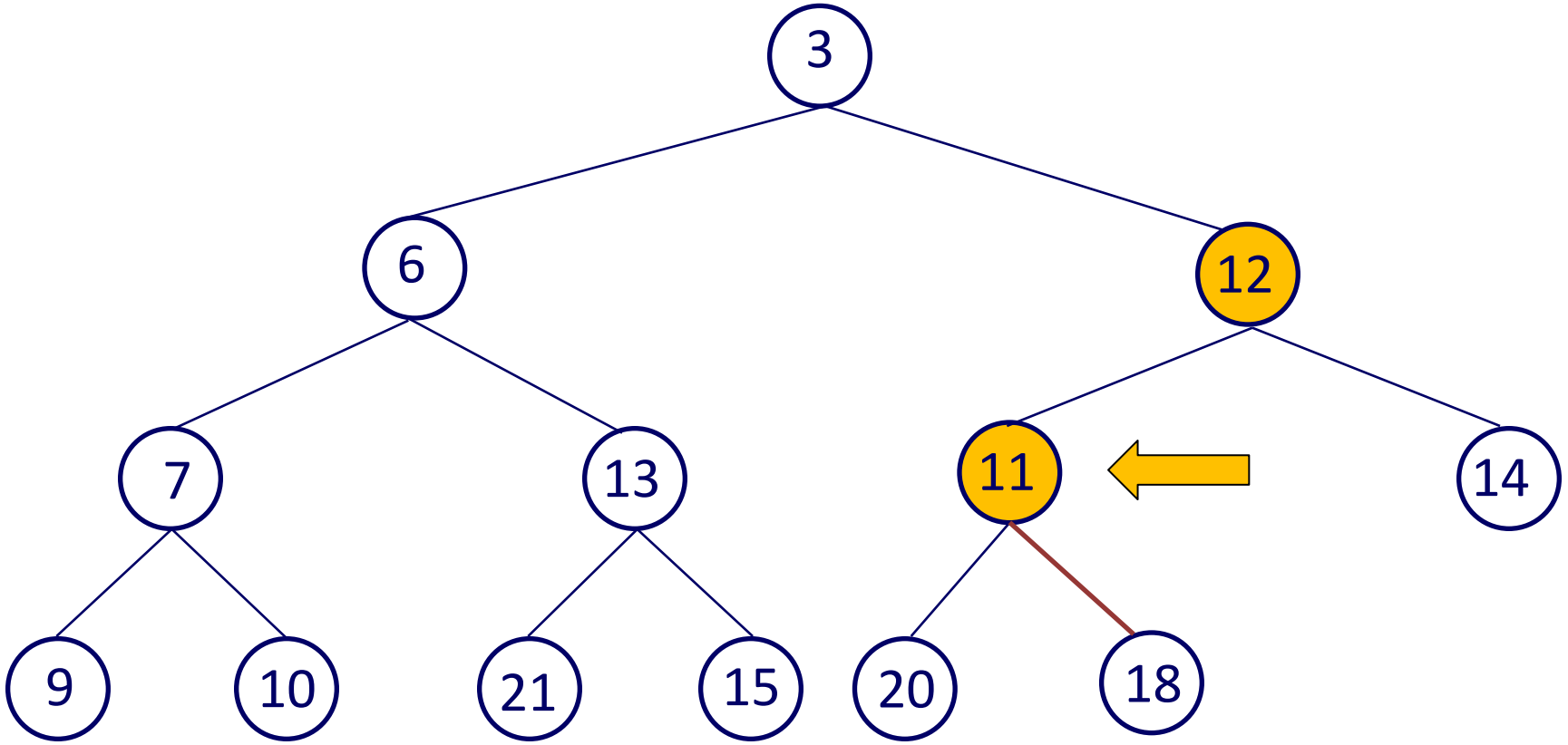
Beispiel VIII

Knoten mit Inhalt 11 an der richtigen Position? Rekursiver Aufruf!



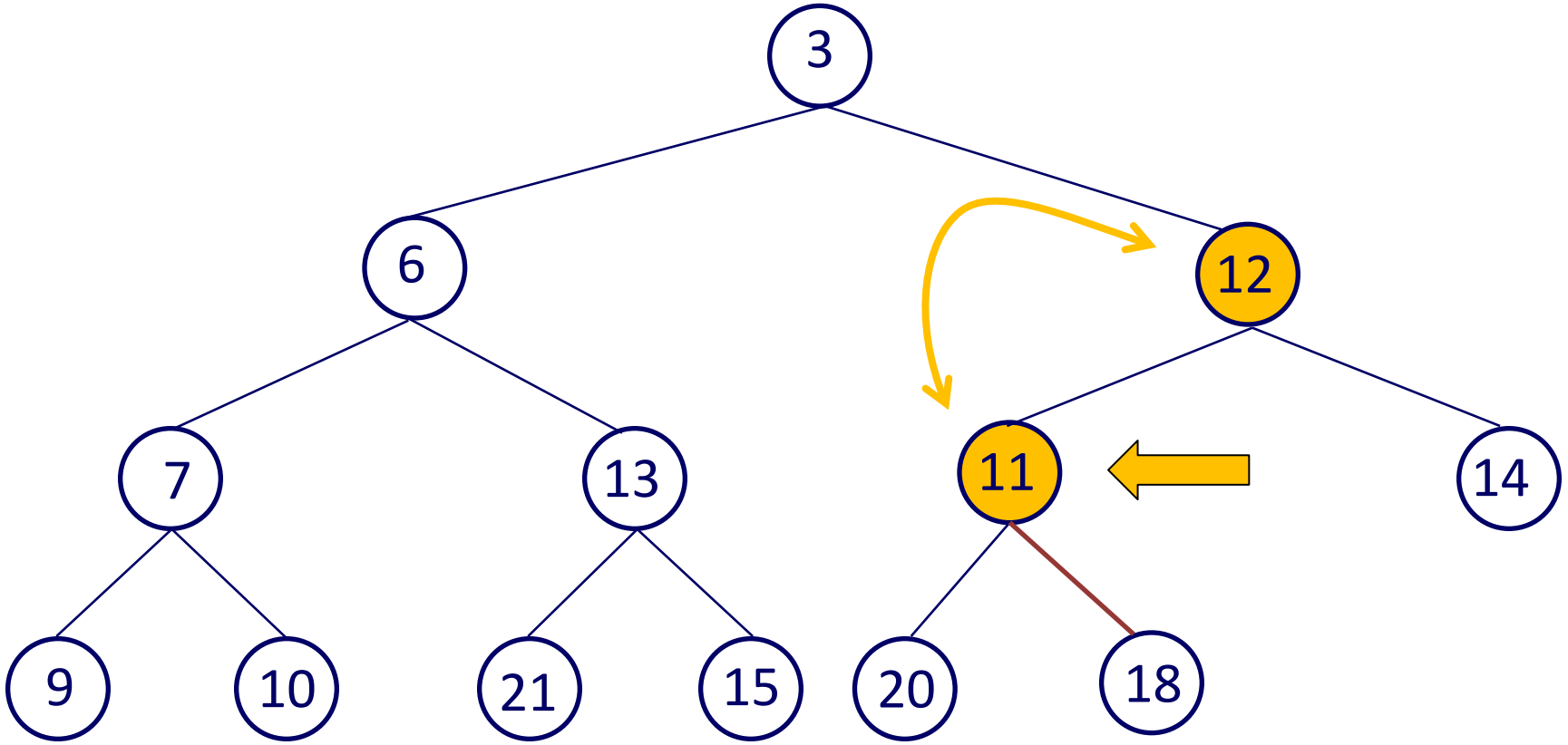
Beispiel IX

Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



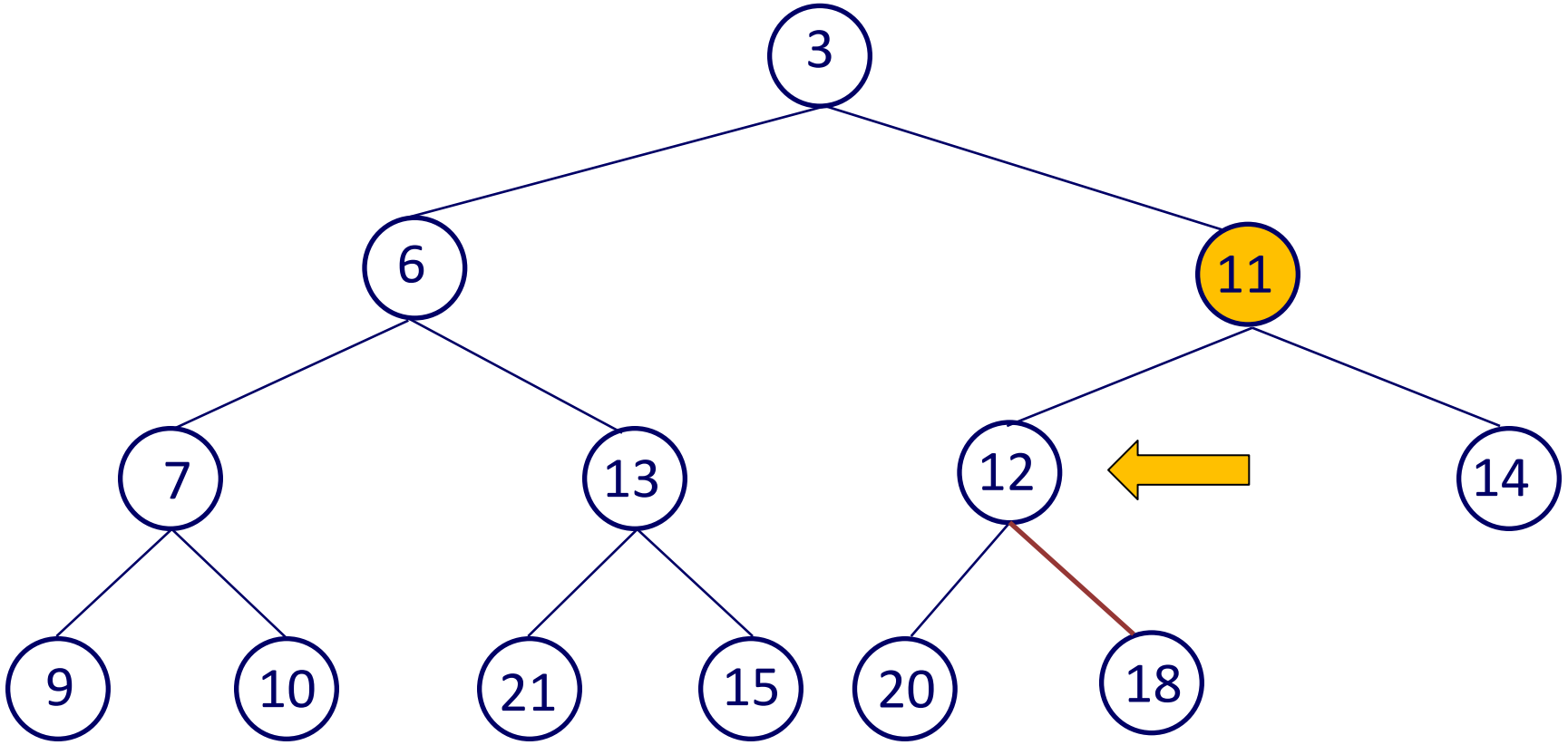
Beispiel X

Vater größer als Sohn → Positionen vertauschen



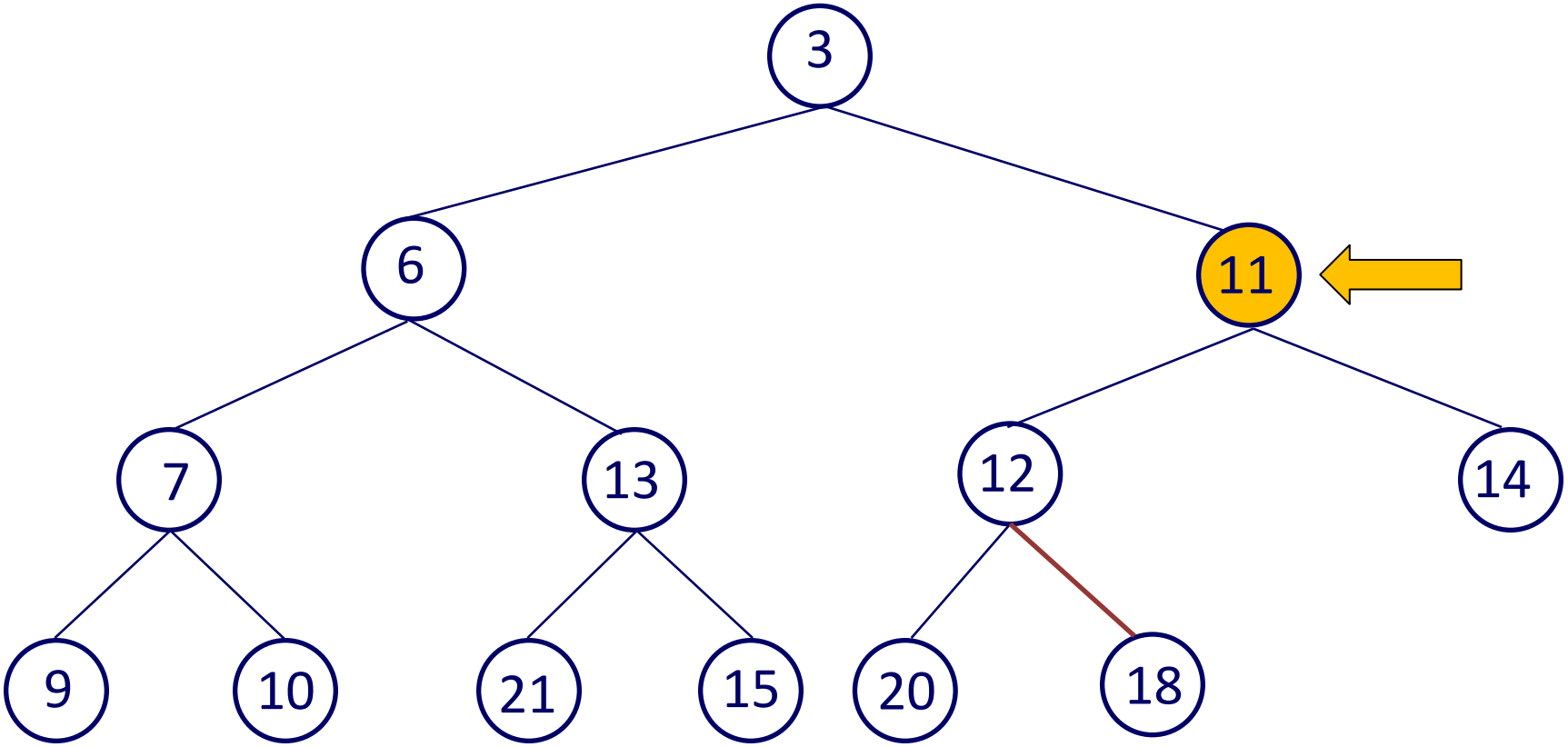
Beispiel XI

Knoten mit Inhalt 12 ist an der richtigen Position.



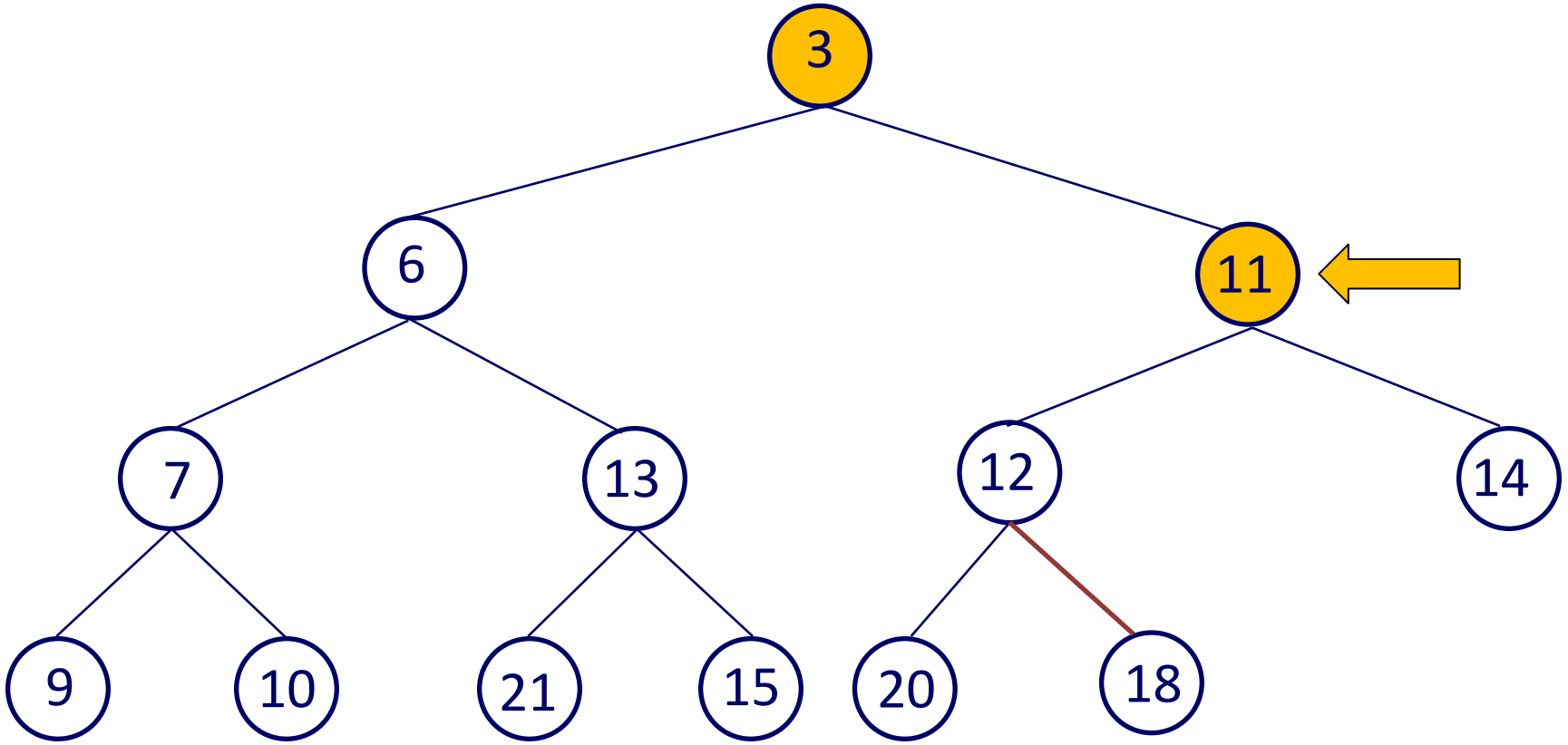
Beispiel XII

Knoten mit Inhalt 11 an der richtigen Position? Rekursiver Aufruf!



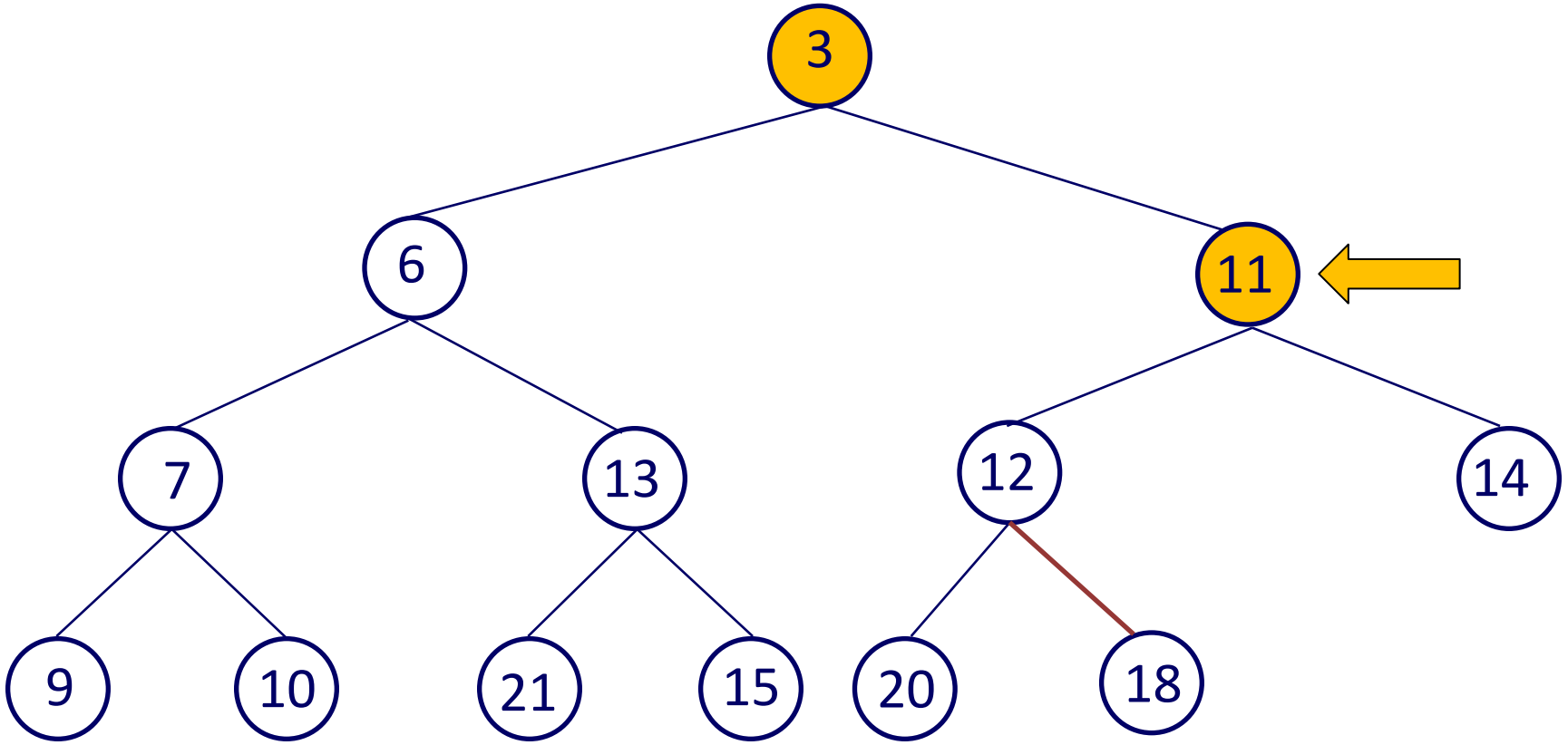
Beispiel XIII

Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



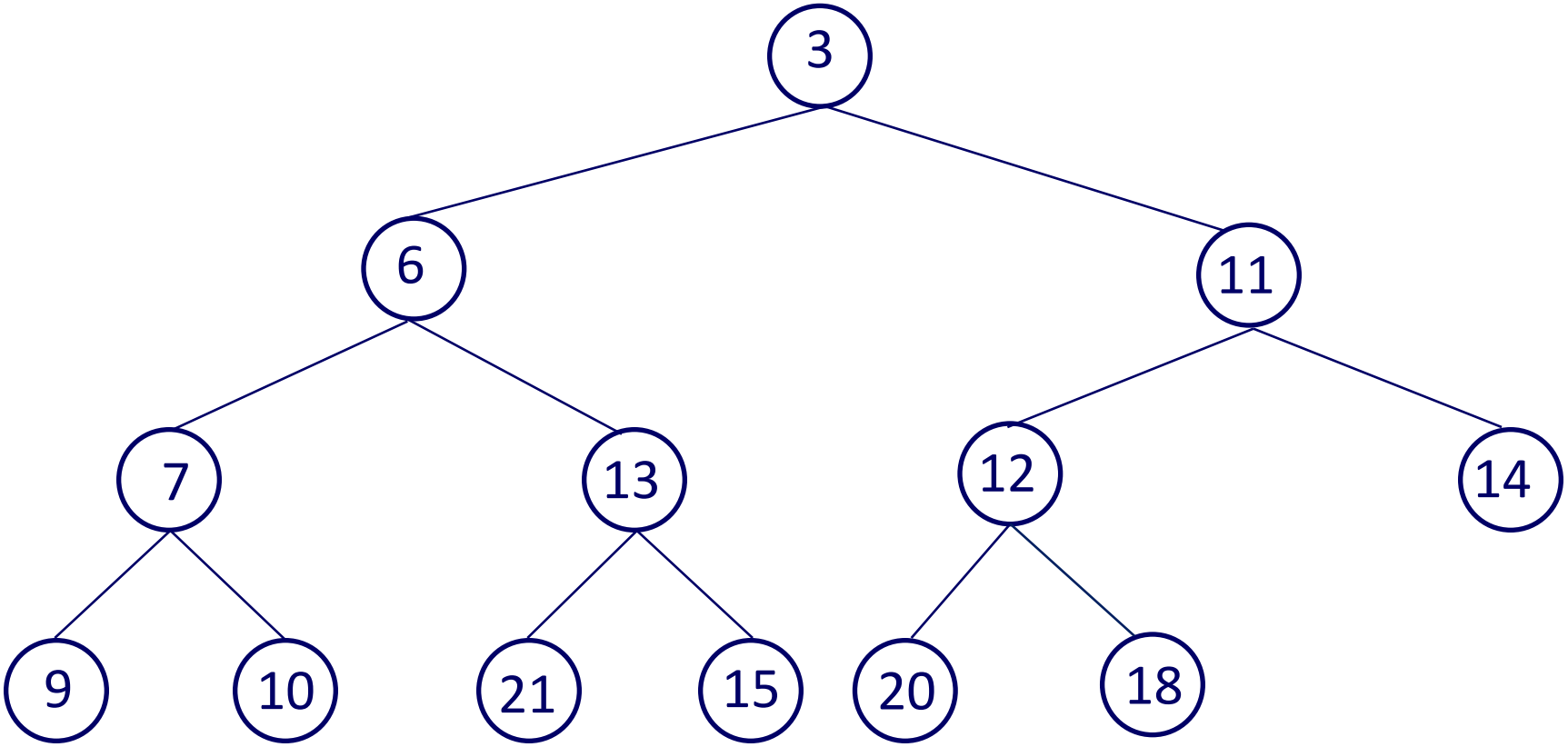
Beispiel XIV

Binärer Baum? Ja. Heap? Ja.



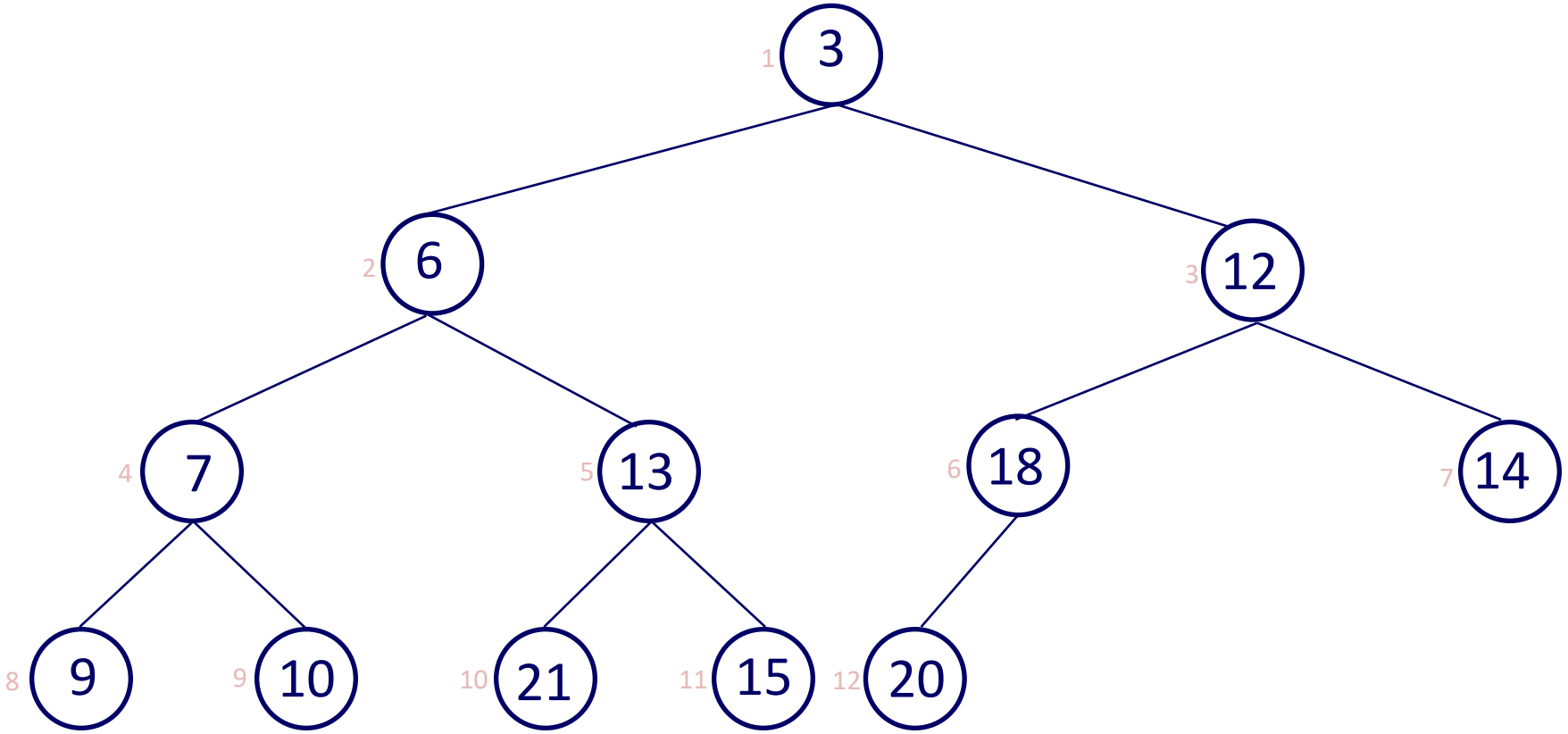
Beispiel XV

Fertig! Neuer Heap mit eingefügtem Inhalt 11.



Beispiel – mit Array I

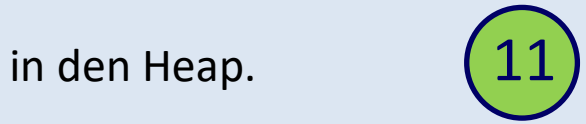
Ausgangssituation:

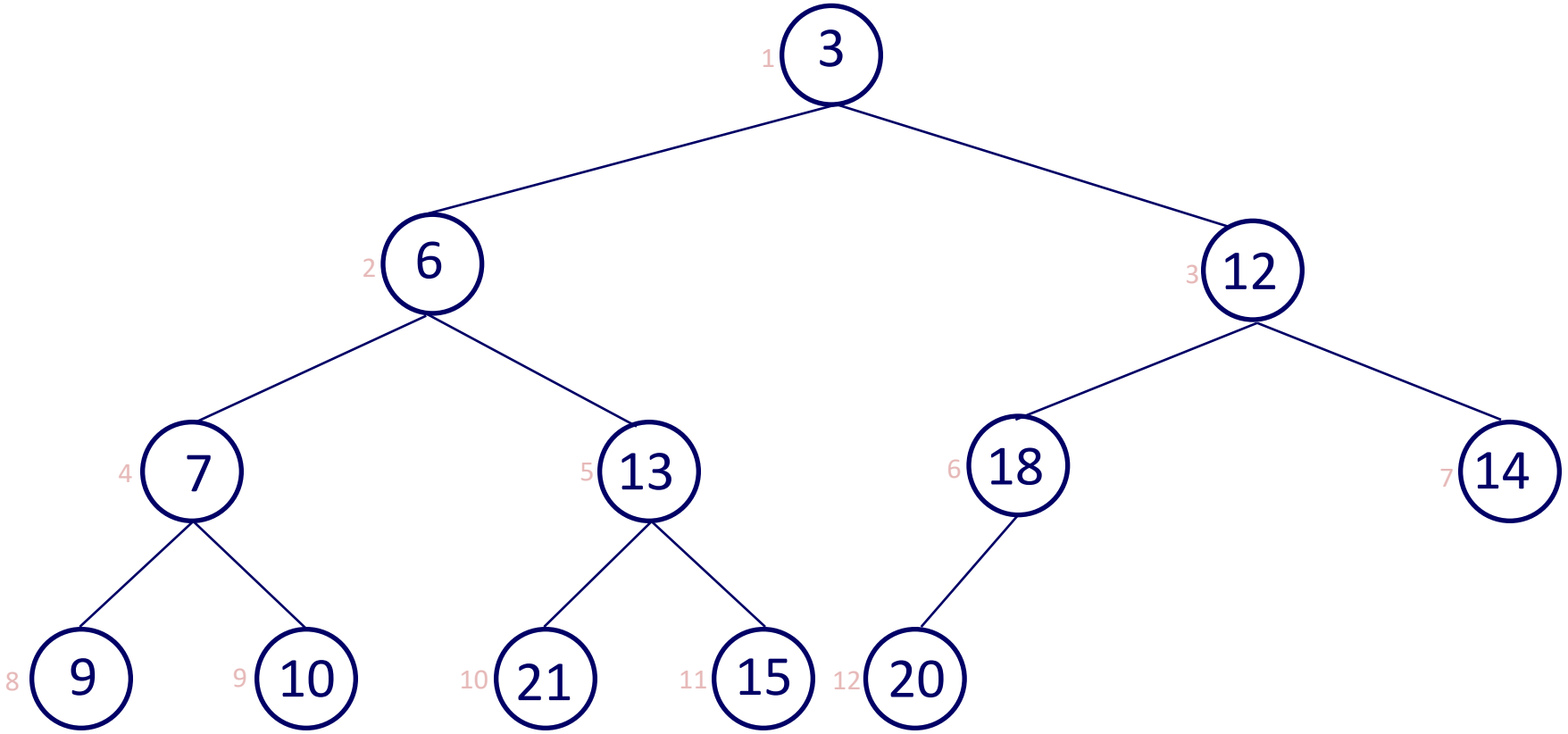


	3	6	12	7	13	18	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array II

Einfügen der Zahl 11 in den Heap.

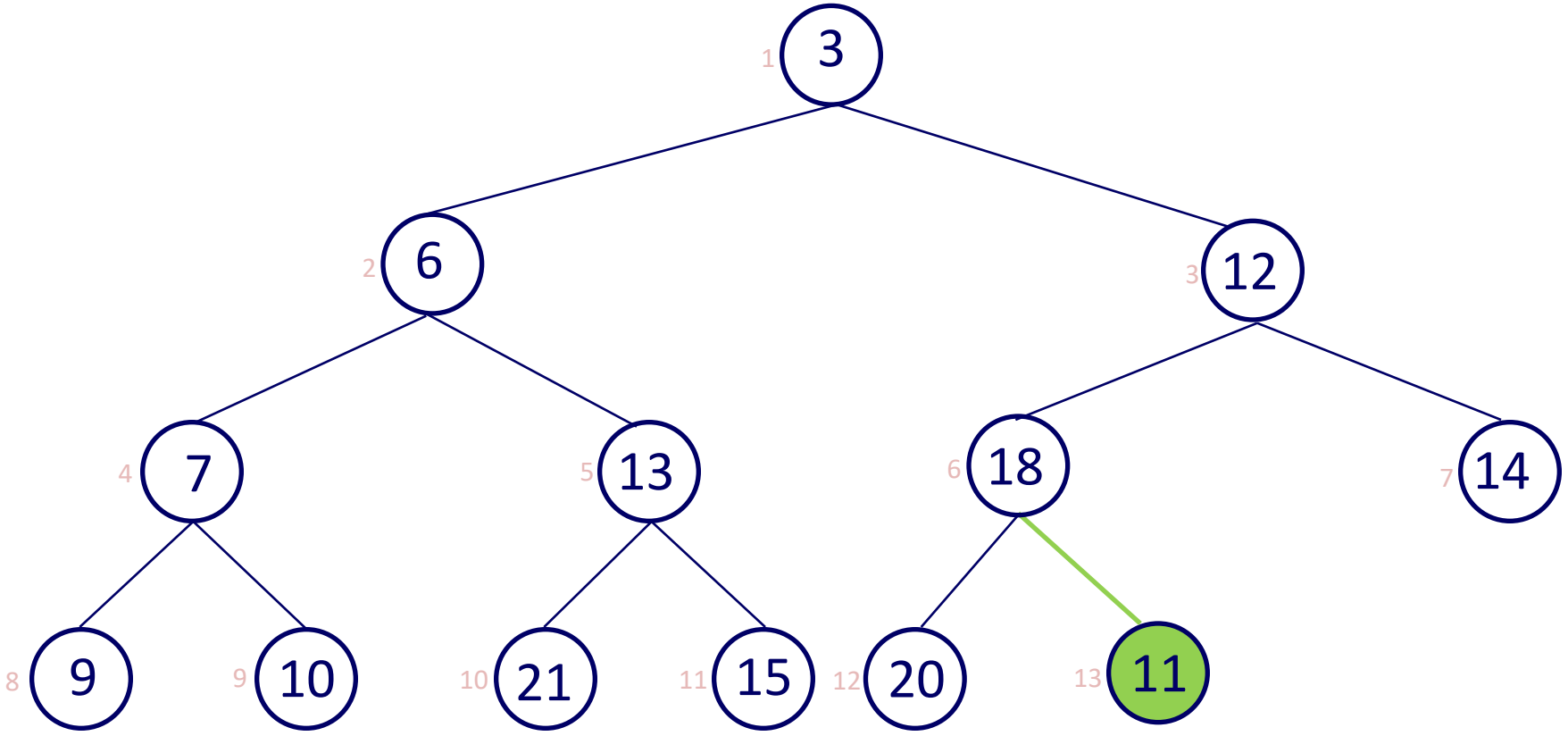




	3	6	12	7	13	18	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array III

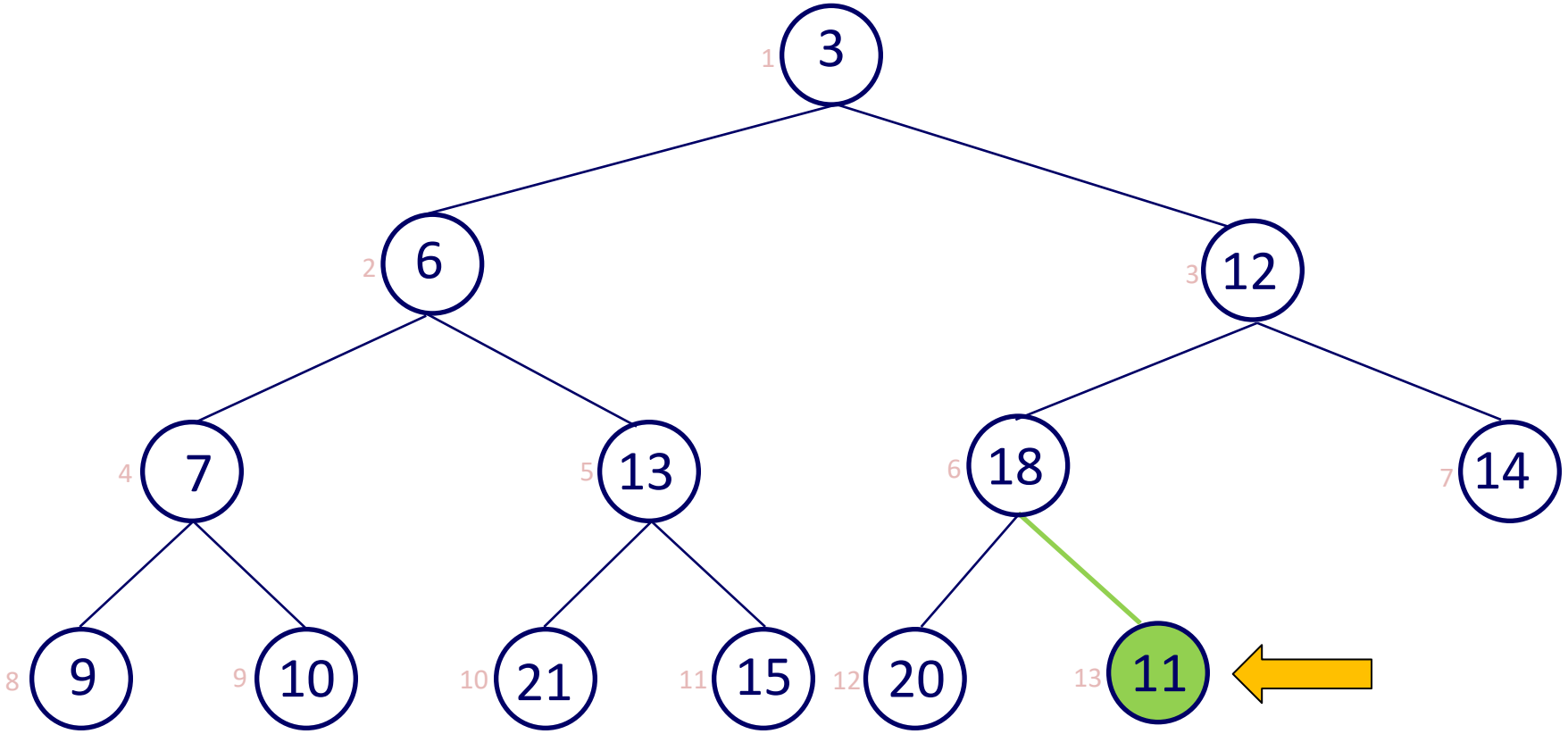
Linksvollständigkeit bietet nur eine Position.



	3	6	12	7	13	18	14	9	10	21	15	20	11	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array IV

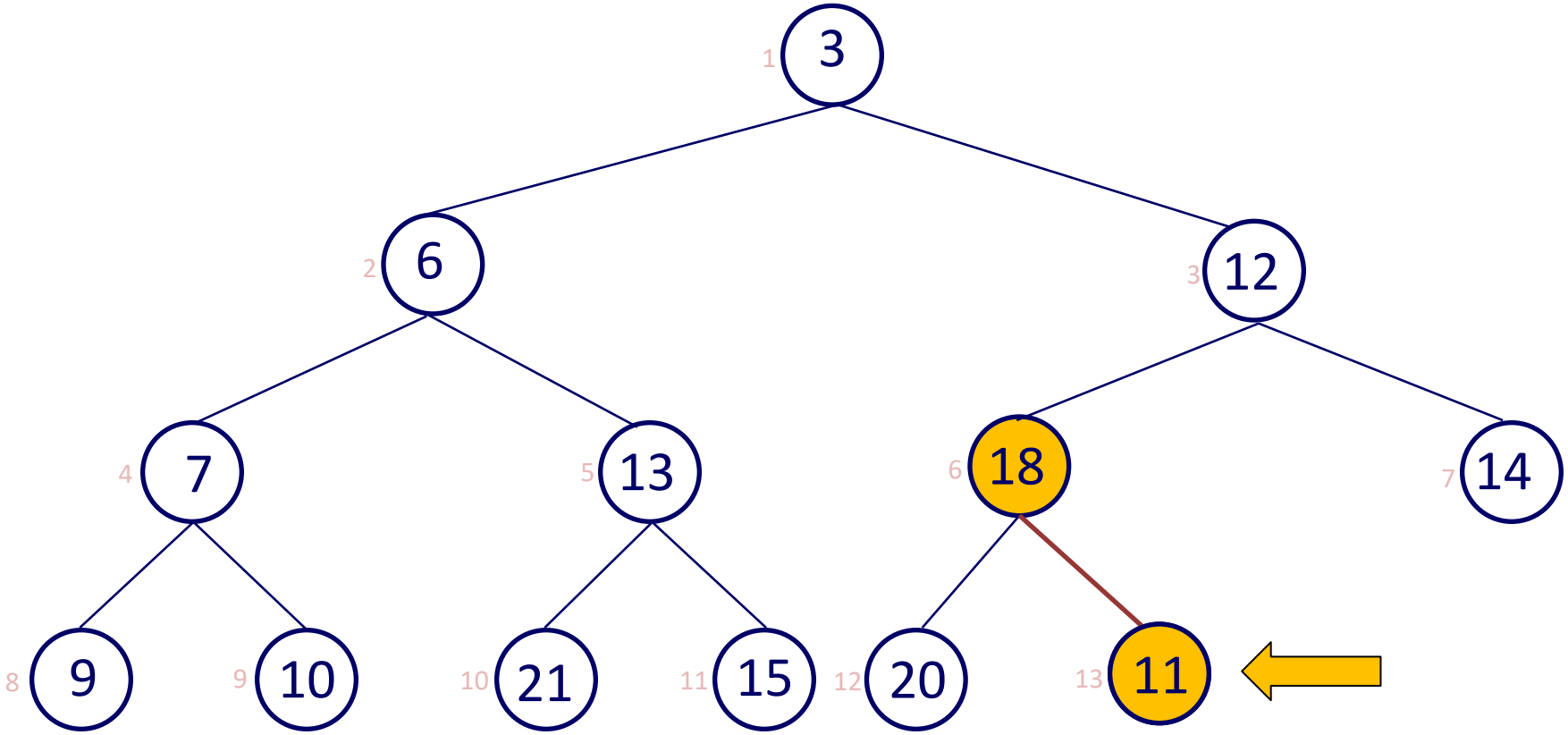
Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



	3	6	12	7	13	18	14	9	10	21	15	20	11	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array V

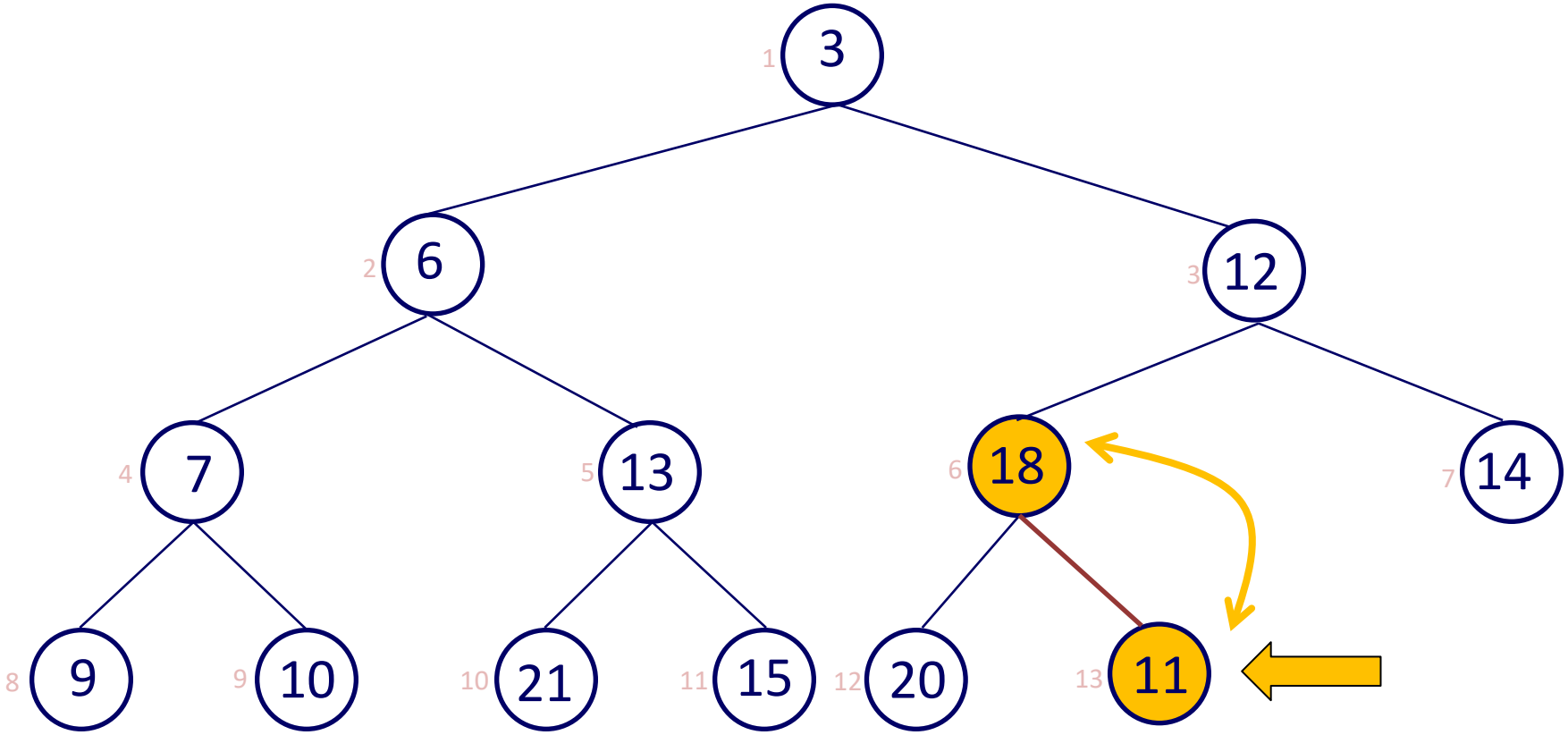
Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



	3	6	12	7	13	18	14	9	10	21	15	20	11	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array VI

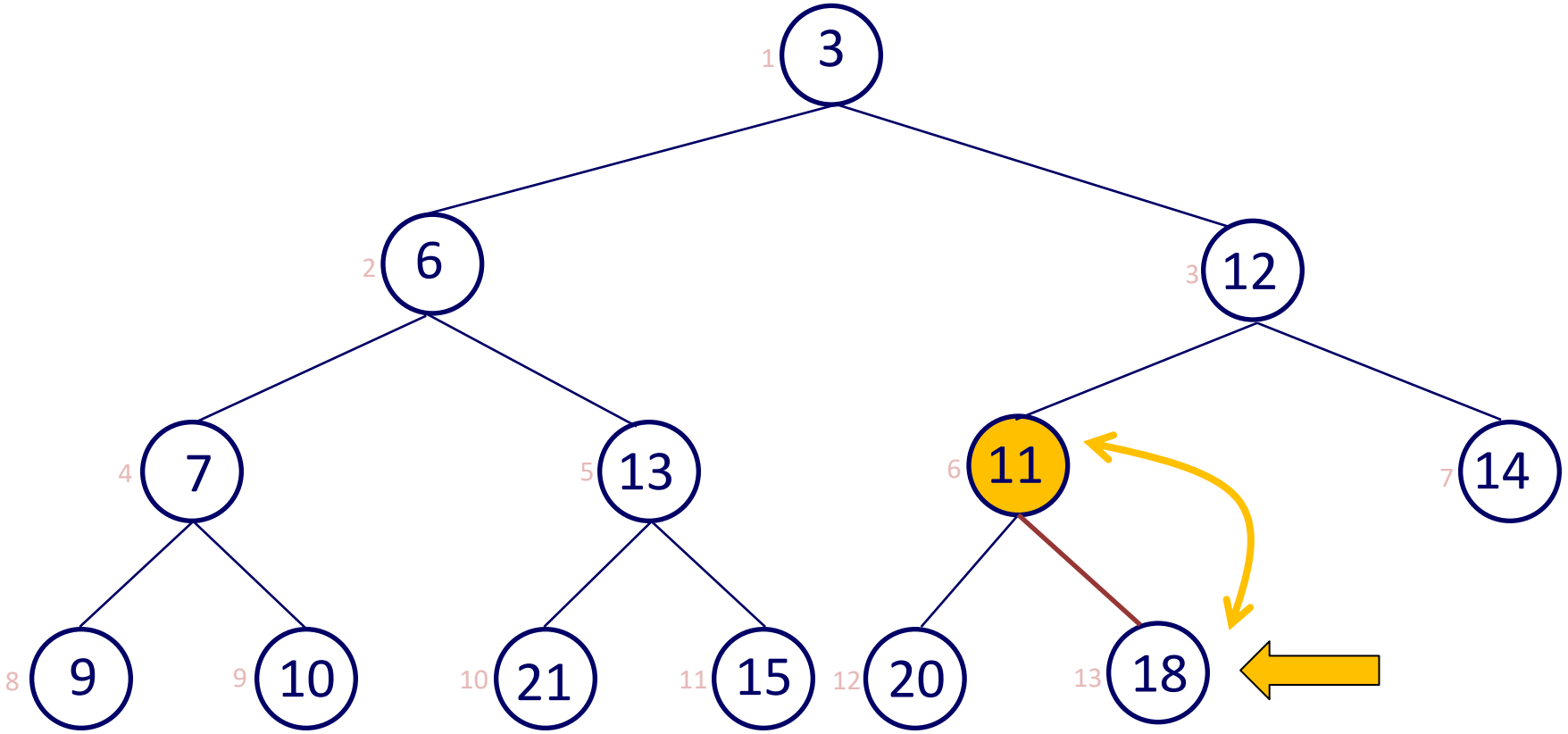
Vater größer als Sohn → Positionen vertauschen



	3	6	12	7	13	18	14	9	10	21	15	20	11	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array VII

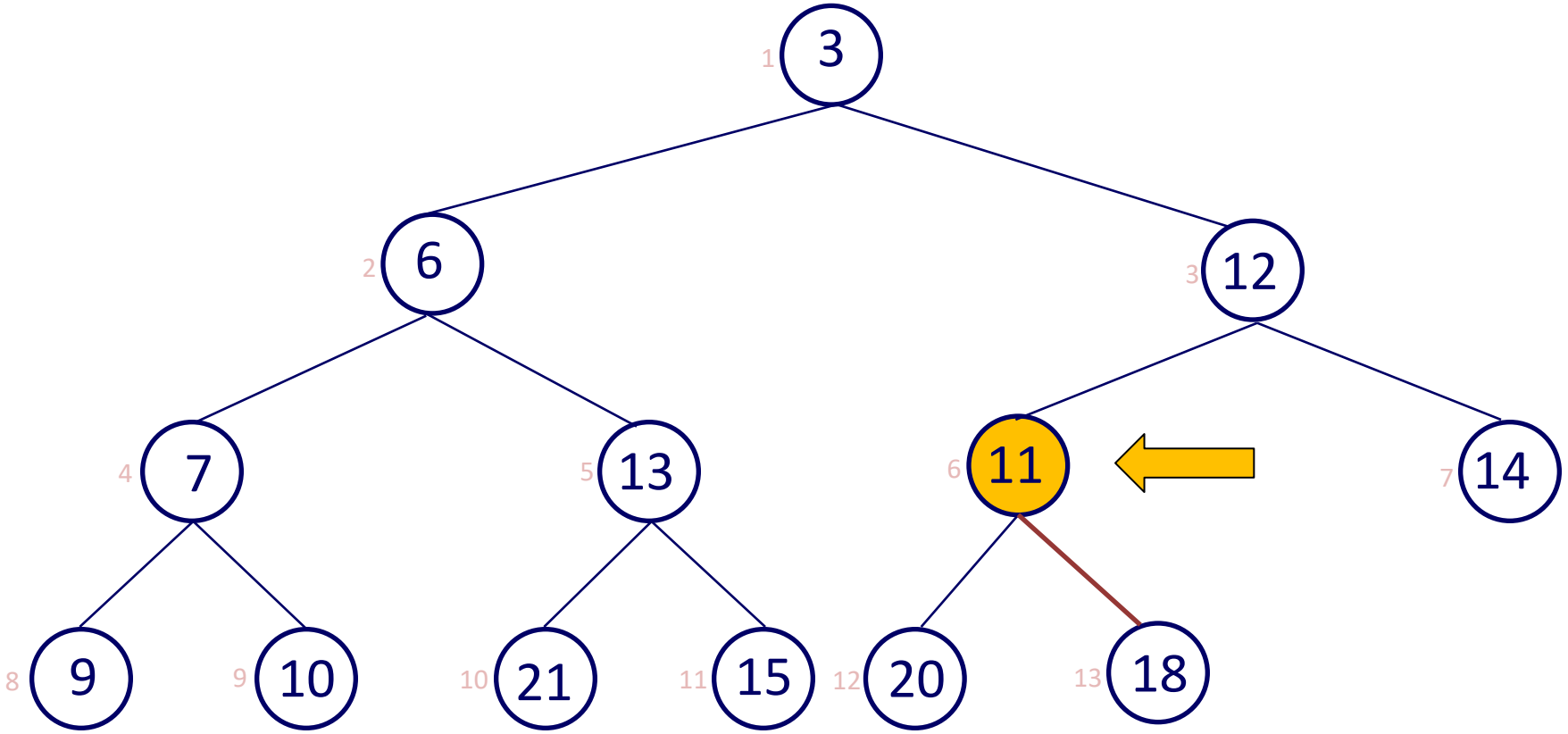
Knoten mit Inhalt 18 ist an der richtigen Position.



	3	6	12	7	13	11	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array VIII

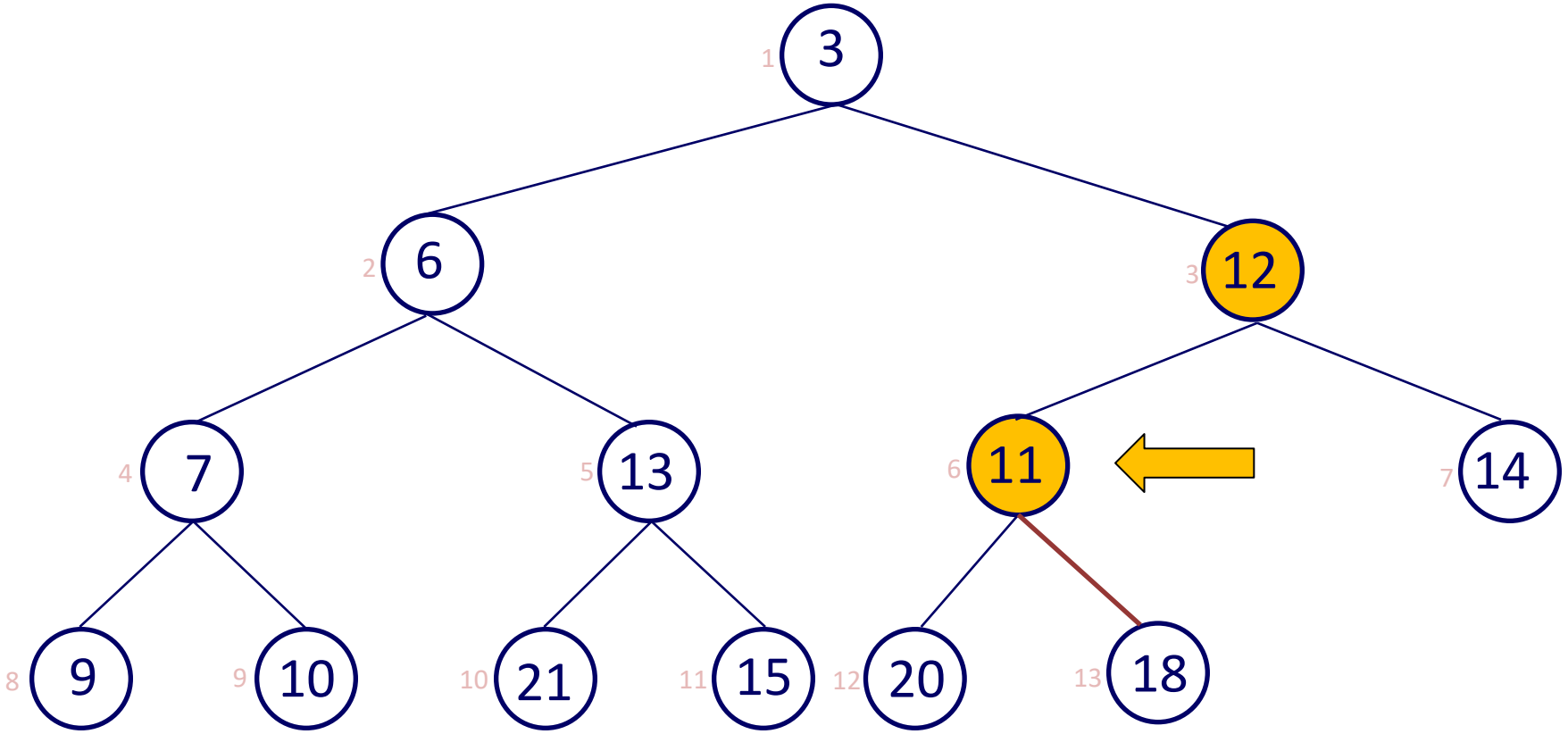
Knoten mit Inhalt 11 an der richtigen Position? Rekursiver Aufruf!



	3	6	12	7	13	11	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array IX

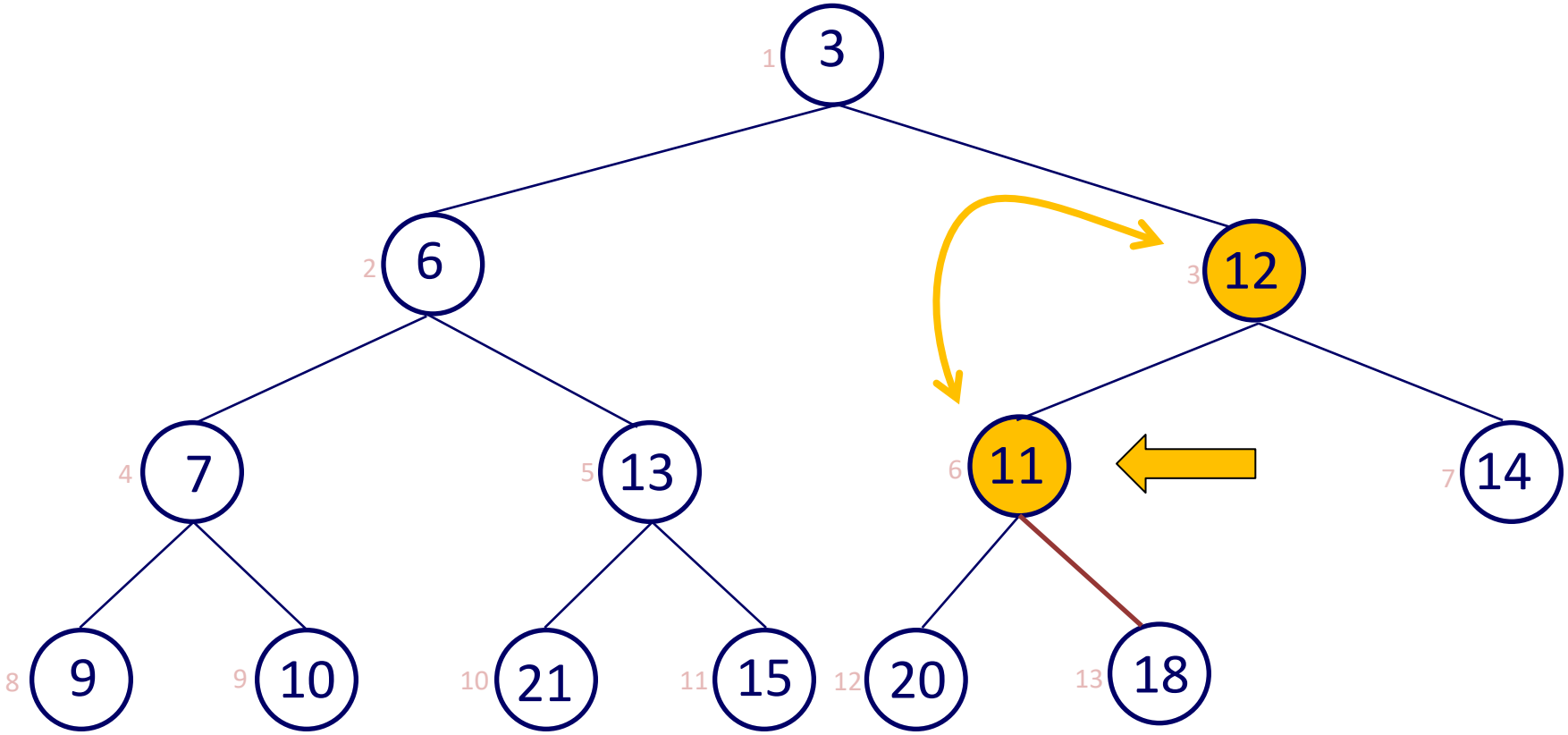
Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



	3	6	12	7	13	11	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array X

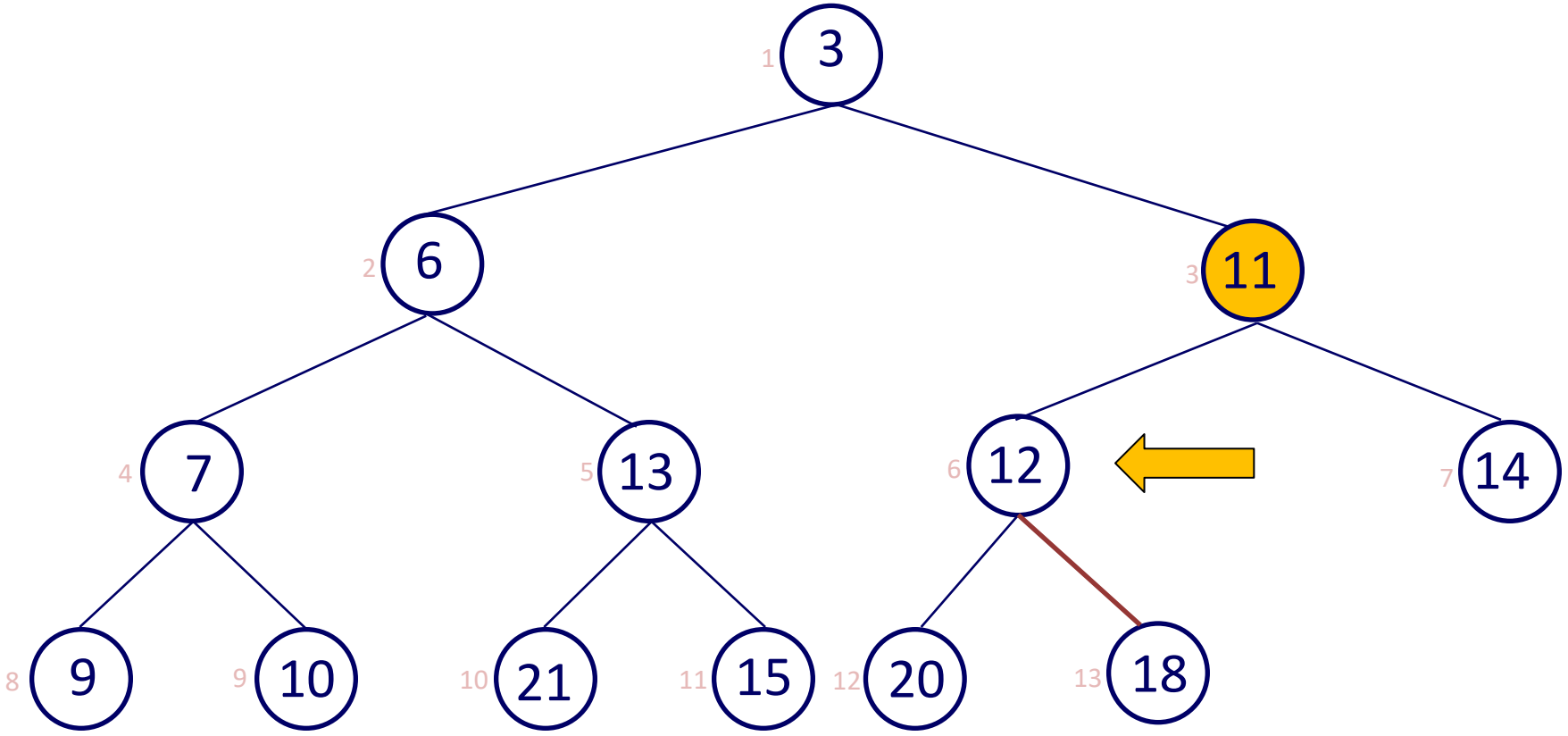
Vater größer als Sohn → Positionen vertauschen



	3	6	12	7	13	11	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array XI

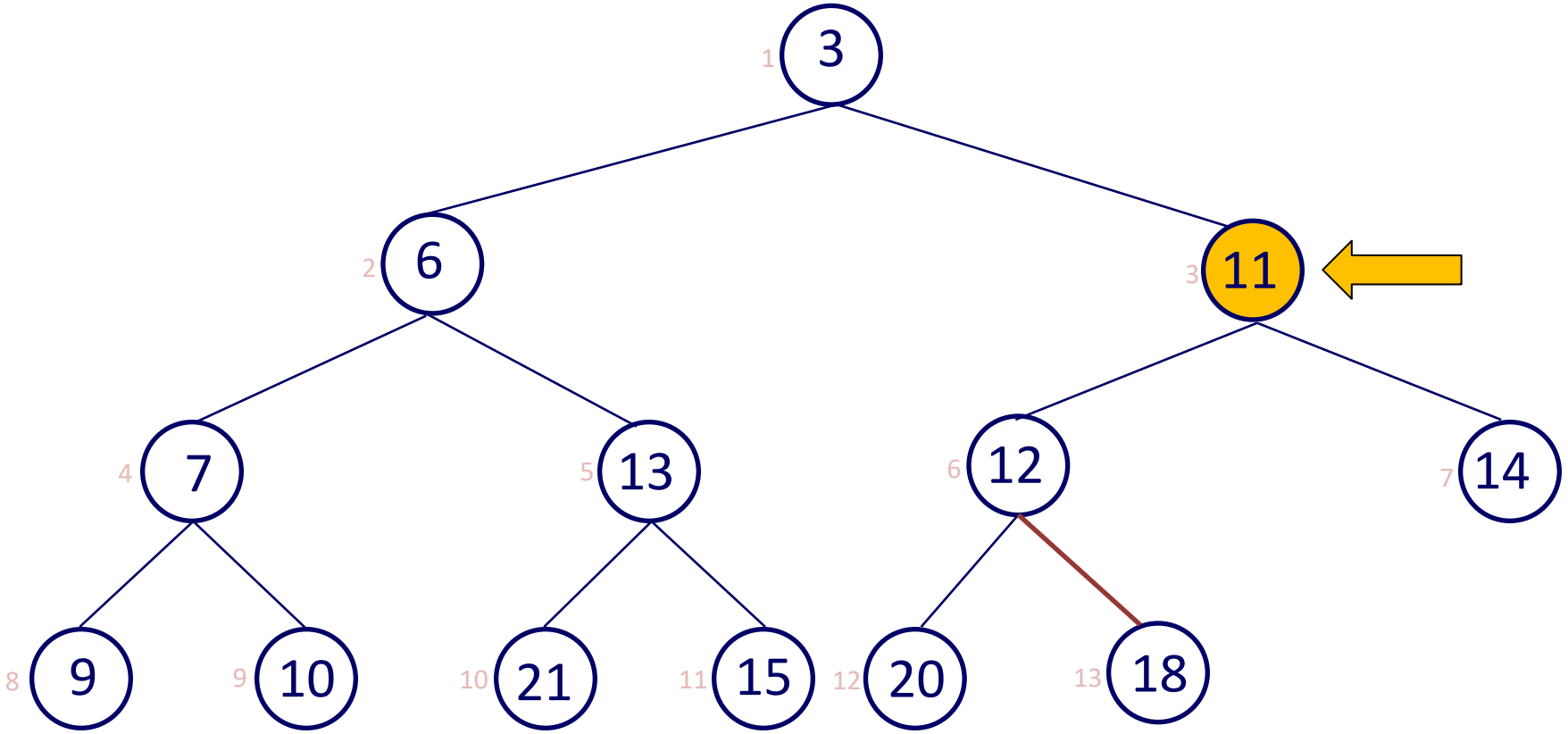
Knoten mit Inhalt 12 ist an der richtigen Position.



	3	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array XII

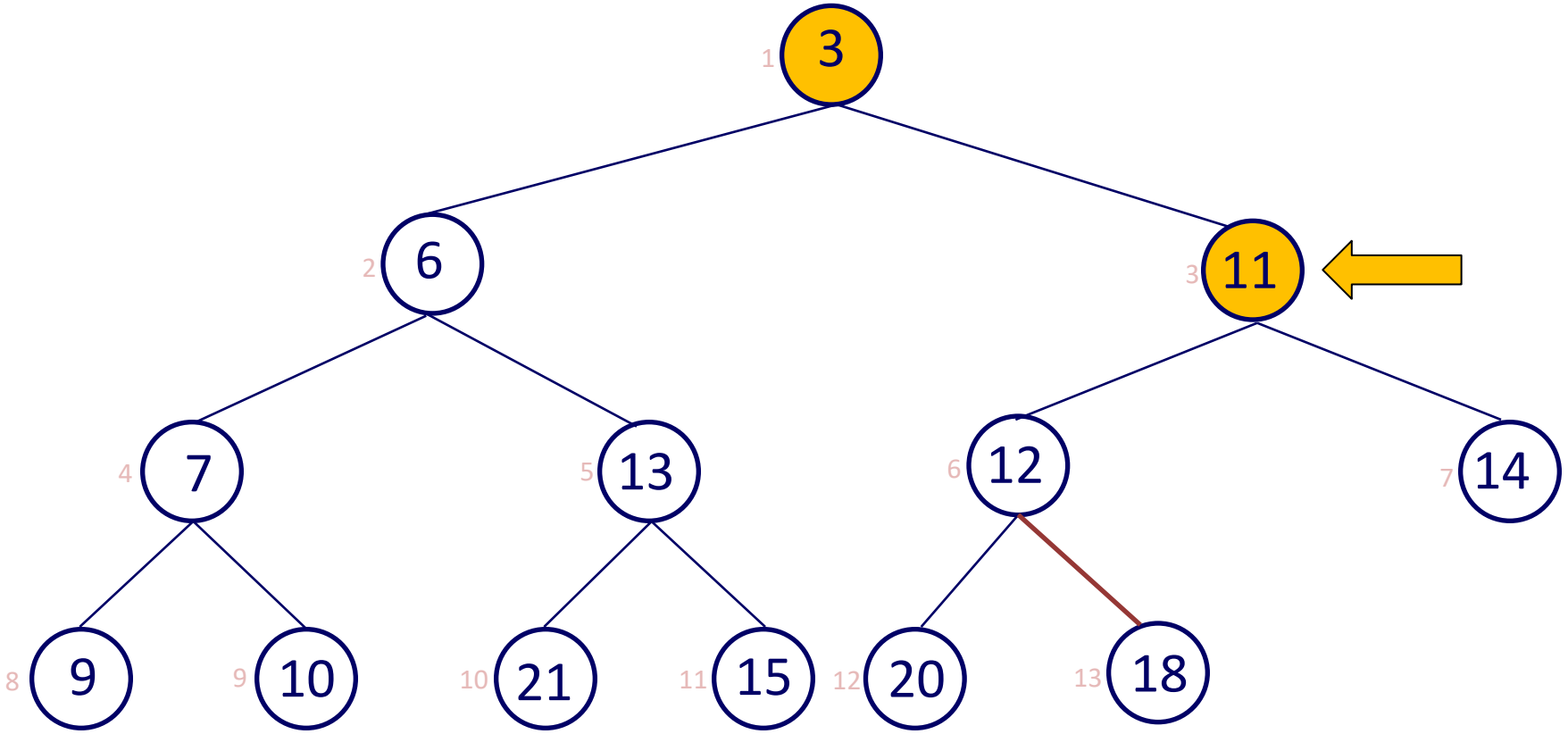
Knoten mit Inhalt 11 an der richtigen Position? Rekursiver Aufruf!



	3	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array XIII

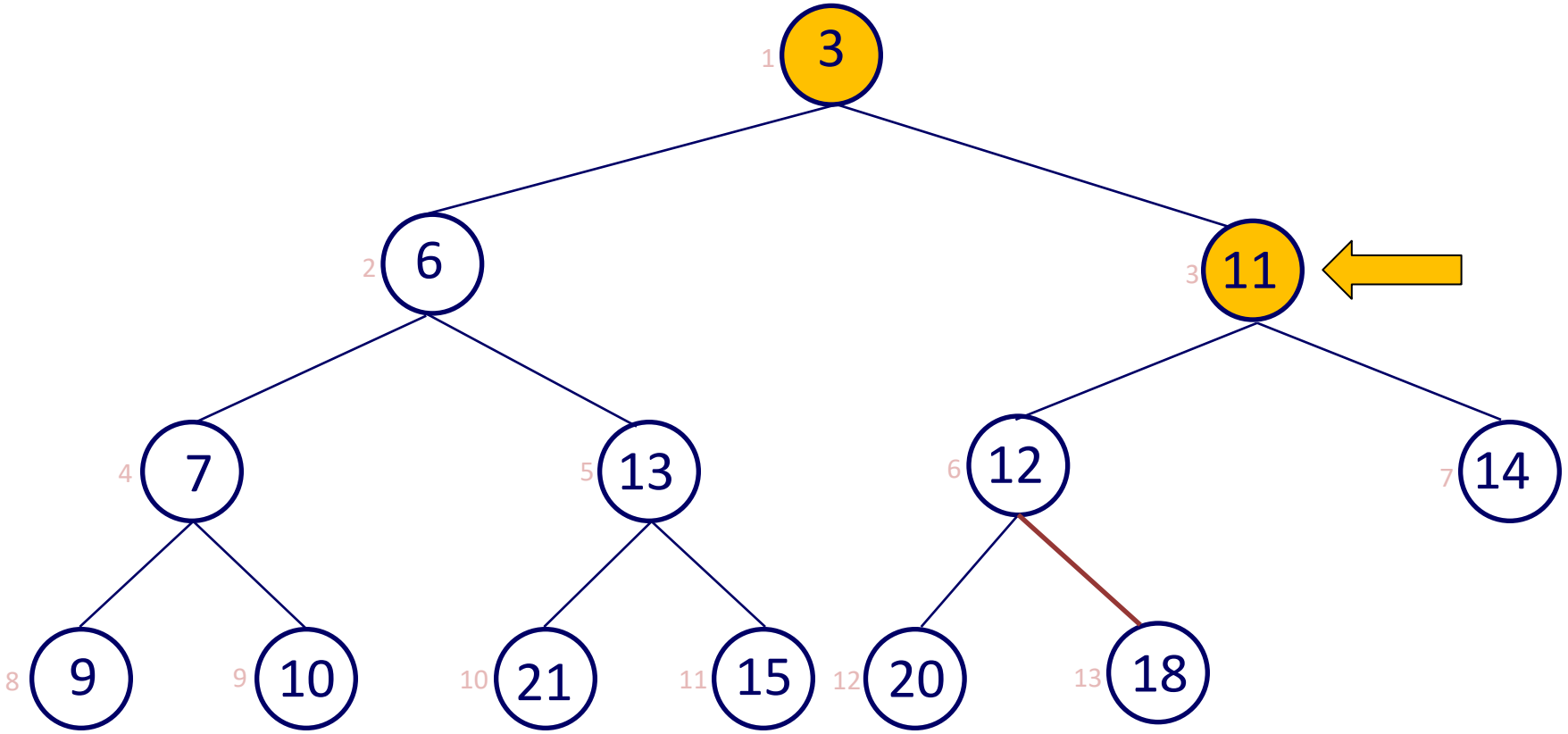
Binärer Baum? Ja. Test auf Heap-Eigenschaften …



	3	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array XIV

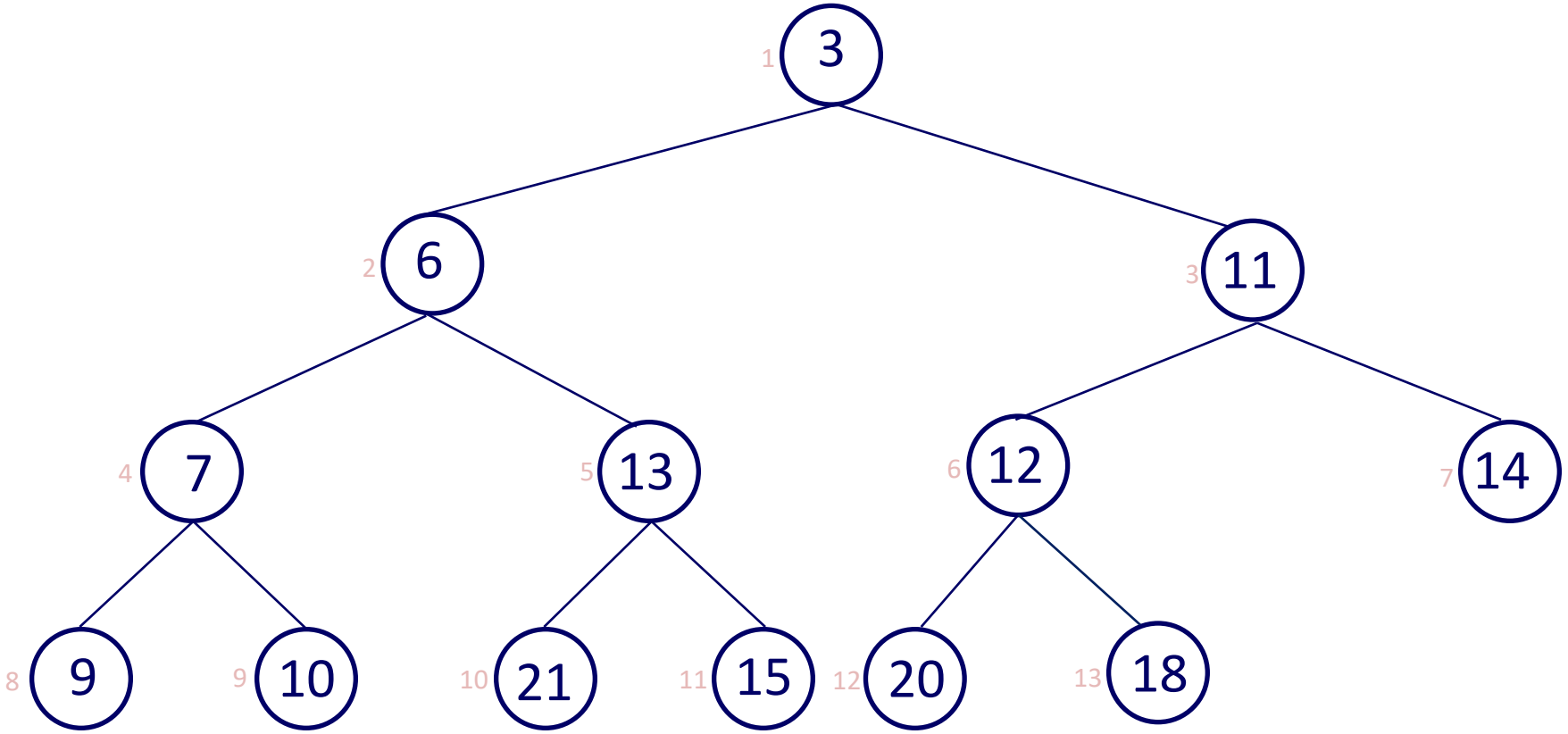
Binärer Baum? Ja. Heap? Ja.



	3	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel – mit Array XV

Fertig! Neuer Heap mit eingefügtem Inhalt 11.



	3	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Code: Einsortieren

- In das Feld **heapFeld** wird richtig einsortiert gemäß:

```
public void einsortieren(int knotenNr) {
      if (knotenNr > 1)
      {
        int vaterNr = knotenNr/2;

        if (heapFeld[knotenNr] < heapFeld[vaterNr])
        {
          tausche(knotenNr, vaterNr);
          einsortieren(vaterNr);
        }
      }
}
```

Entfernen des kleinsten Elements

- Grundlegender Schritt für das Sortieren

- Idee einer Hau-Ruck-Lösung:
  - Entfernen des kleinsten Elements.
  - Baue einen neuen Heap ohne das erste Element auf.

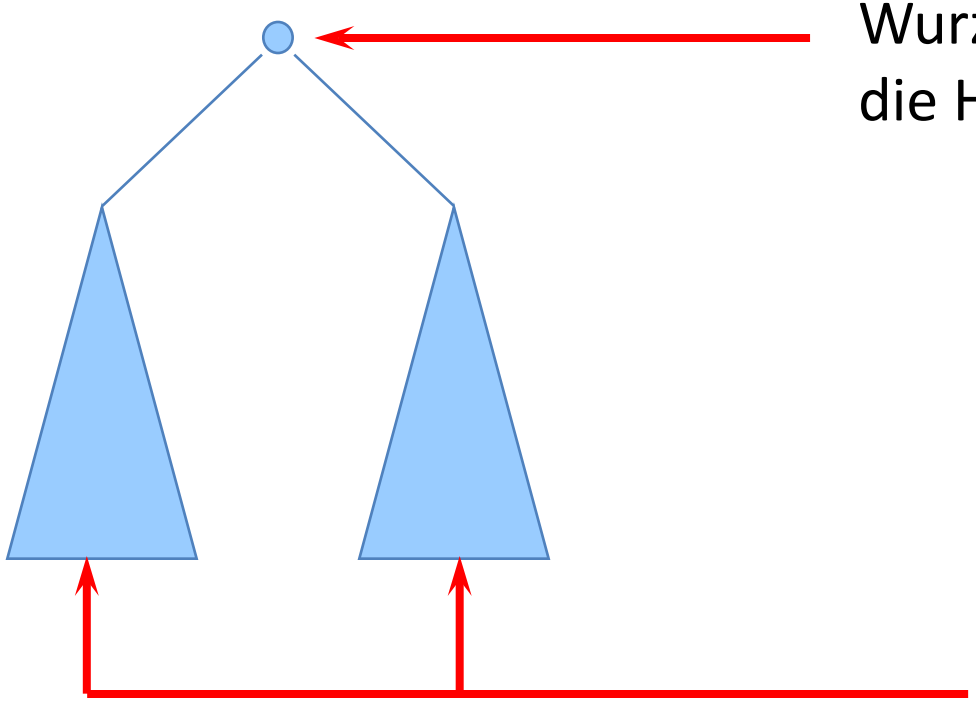
    (Z.B. durch sukzessives Einfügen der Elemente in einen neuen Heap.)

- Nachteil:
  - Berücksichtigt nicht, dass vor dem Entfernen des kleinsten Elements ein Heap vorliegt.

- Idee einer effizienteren Lösung:
  - siehe Diagramm auf der folgenden Folie

Erzeugung eines Heap

- Wie behält man in diesem Fall einen Heap?
- Beobachtung:
  - Jedes **Blatt** erfüllt die Heapbedingung.
  - Allgemeinere Situation:



Wurzel erfüllt
die Heap-Bedingung.

Unterbäume sollen
die Heap-Bedingung
Erfüllen.

Entfernen des kleinsten Elements

- Grundlegender Schritt für das Sortieren

- Idee einer Hau-Ruck-Lösung:
  - Entfernen des kleinsten Elements.
  - Baue einen neuen Heap ohne das erste Element auf.

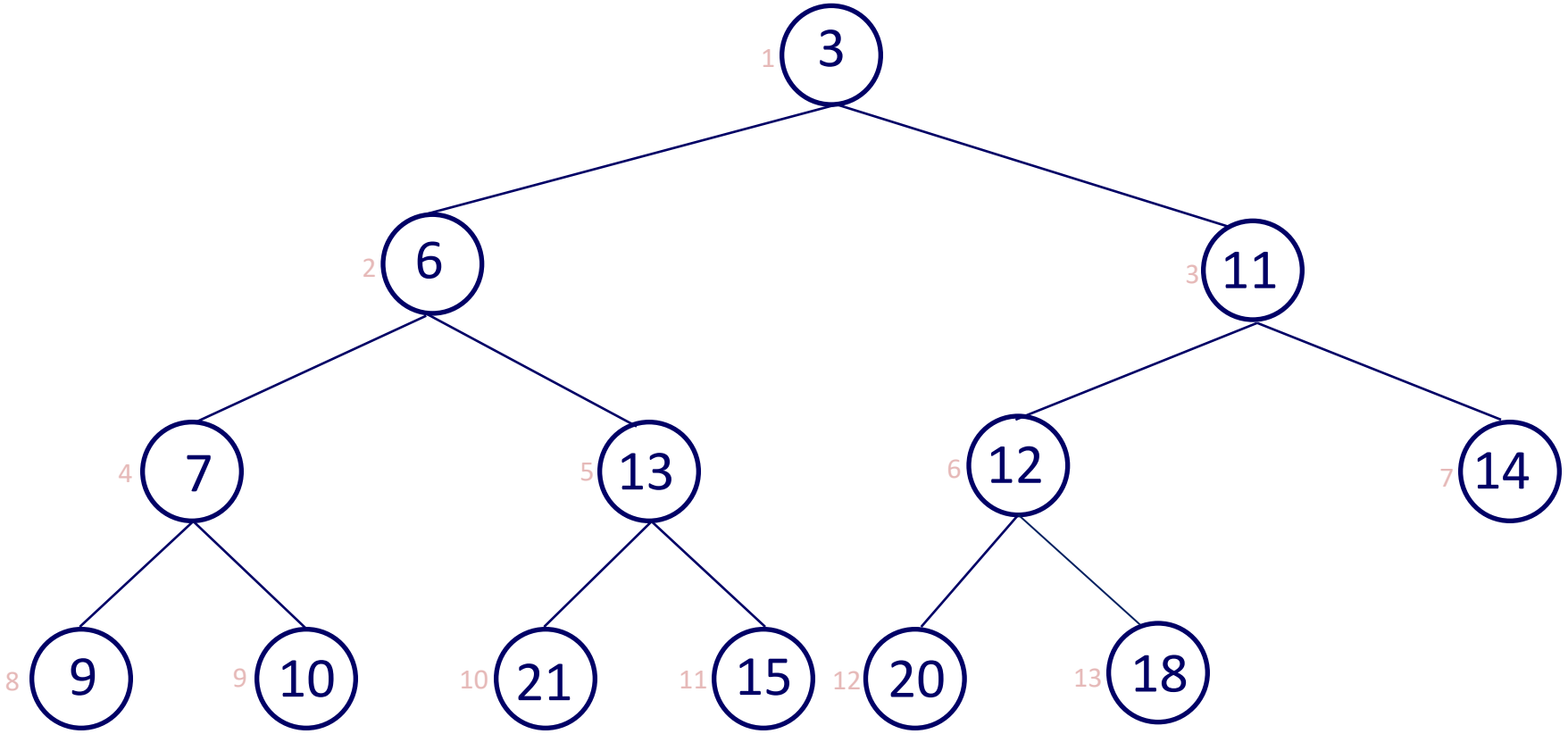
    (Z.B. durch sukzessives Einfügen der Elemente in einen neuen Heap.)

- Nachteil:
  - Berücksichtigt nicht, dass vor dem Entfernen des kleinsten Elements ein Heap vorliegt.

- Idee einer effizienteren Lösung:
  - Verwende genau diese Information über die Unterbäume.

Beispiel I

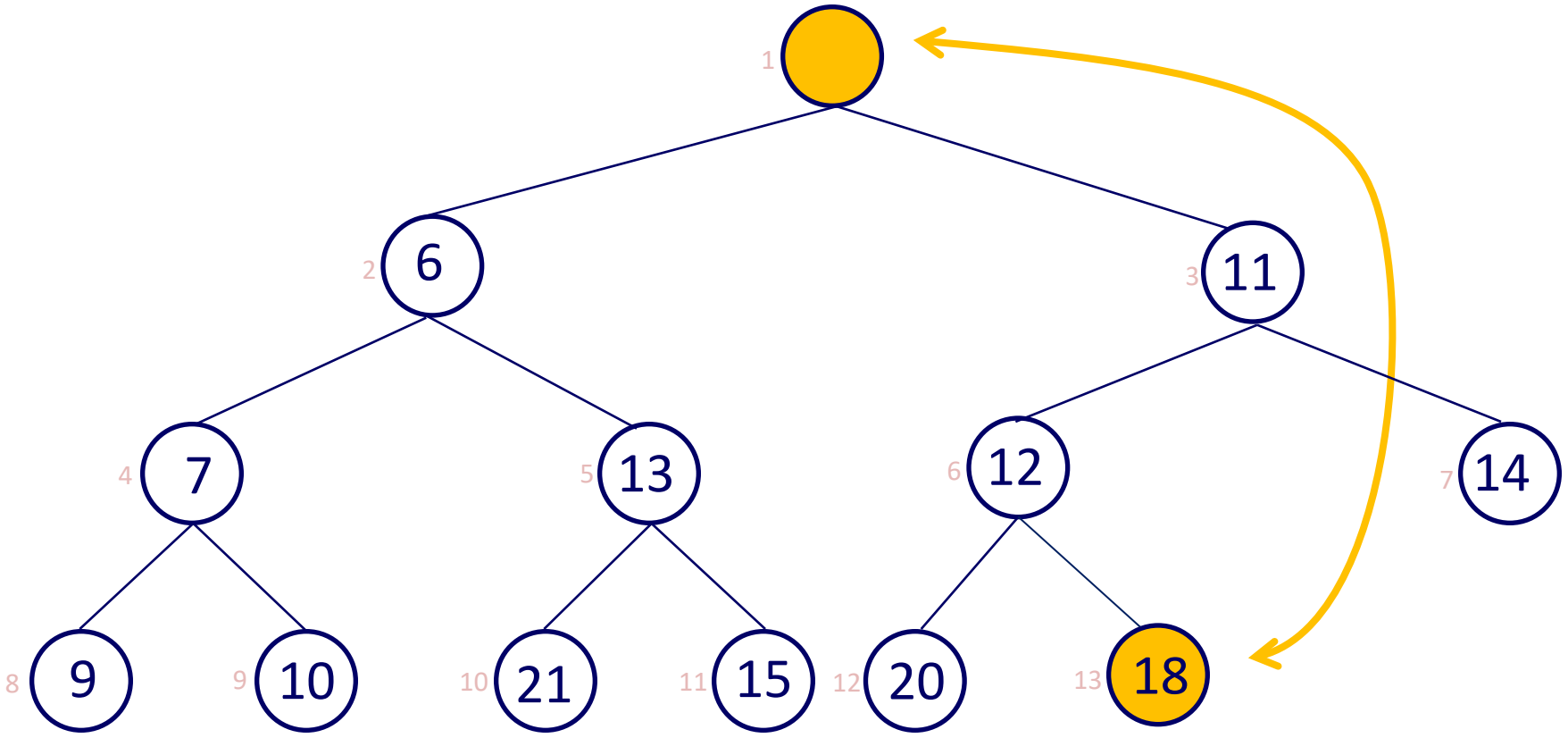
Entfernen der Wurzel (kleinstes Element):



	3	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel II

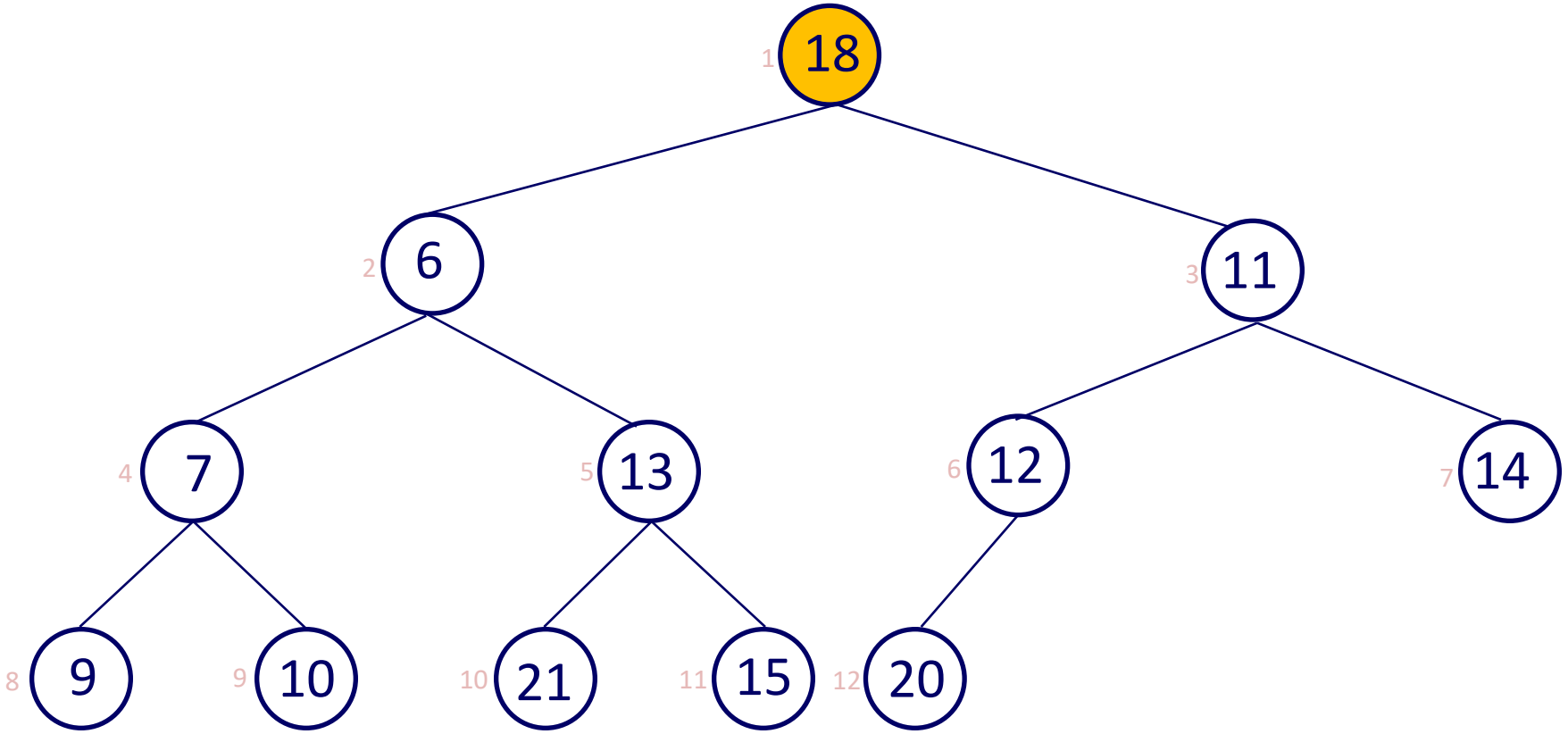
Füllen der Wurzel mit dem „letzten“ Element:



	.	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	18	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel III

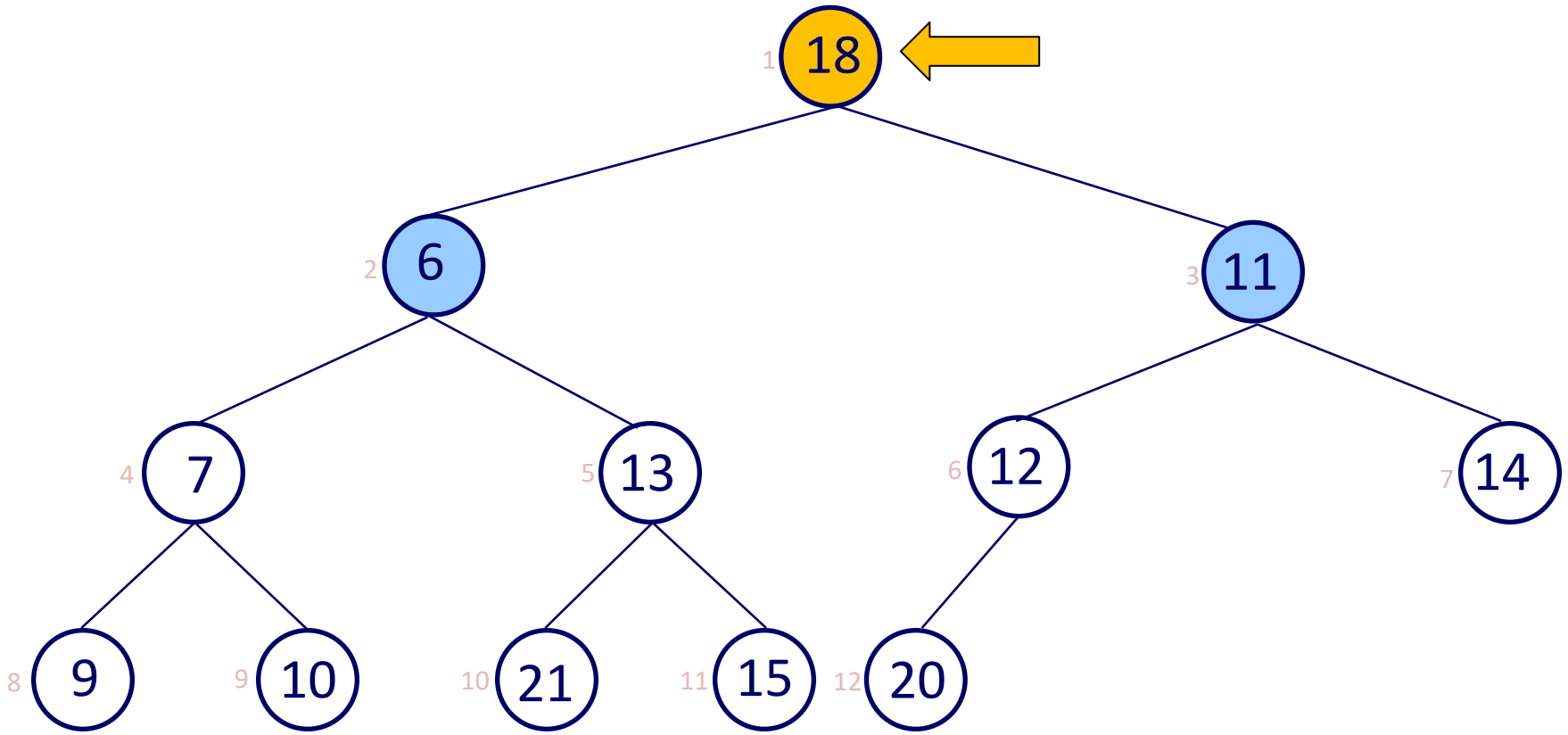
Knoten mit Index 13 wird nicht mehr benötigt.



	18	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel IV

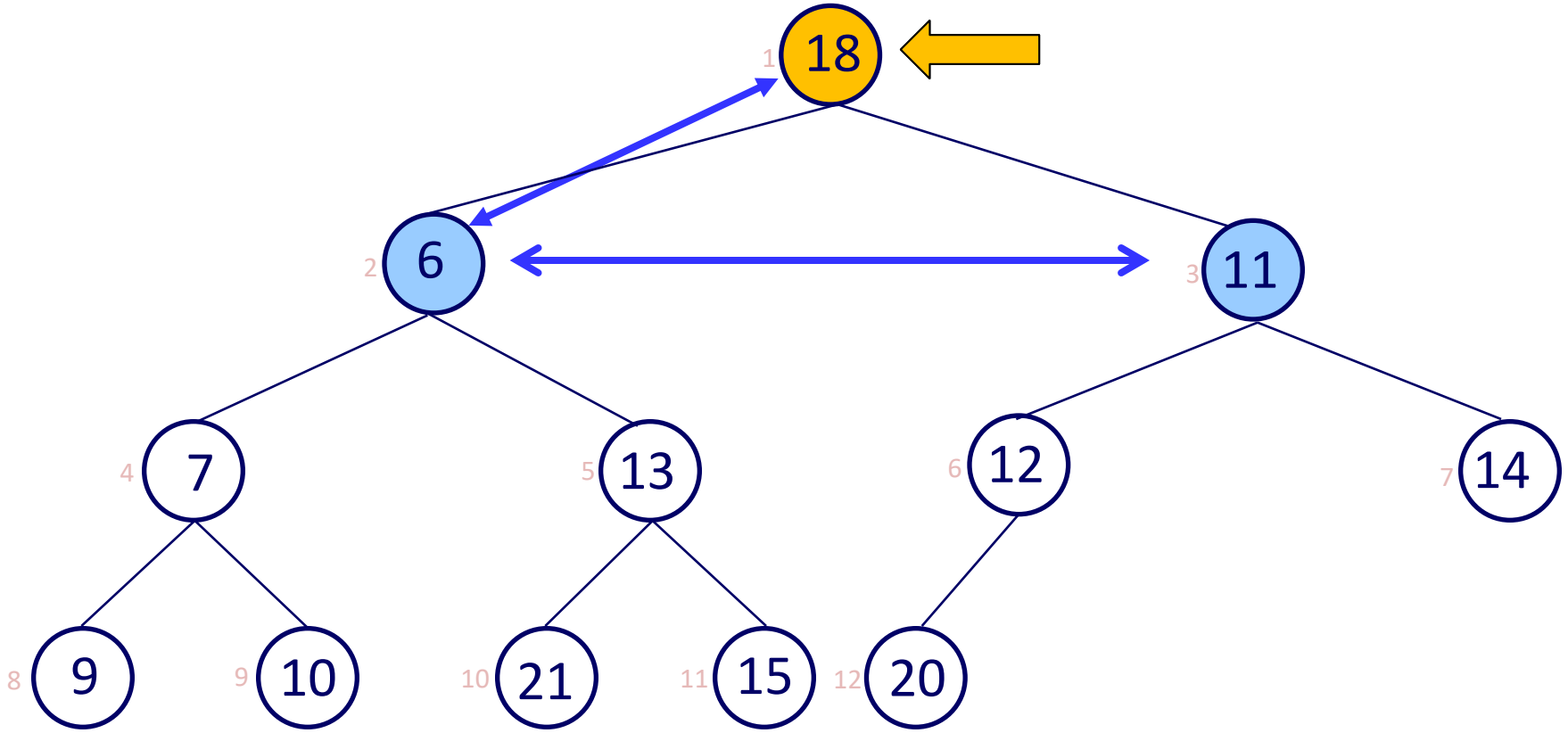
Binärer Baum? Ja. Heap? …



	18	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel V

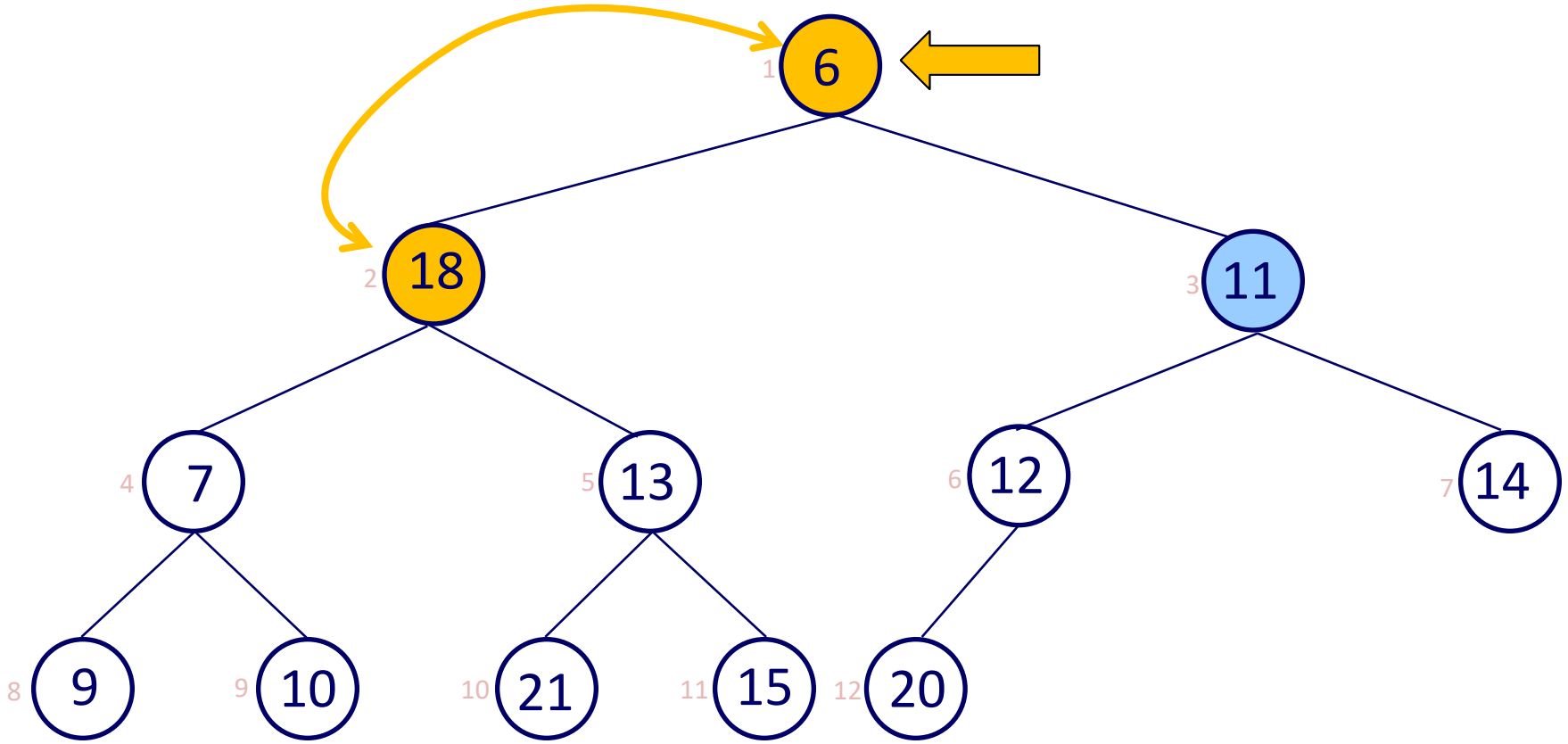
Knoten mit Index 2 ist der kleinere Sohn. Vater ist größer …



	18	6	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel VI

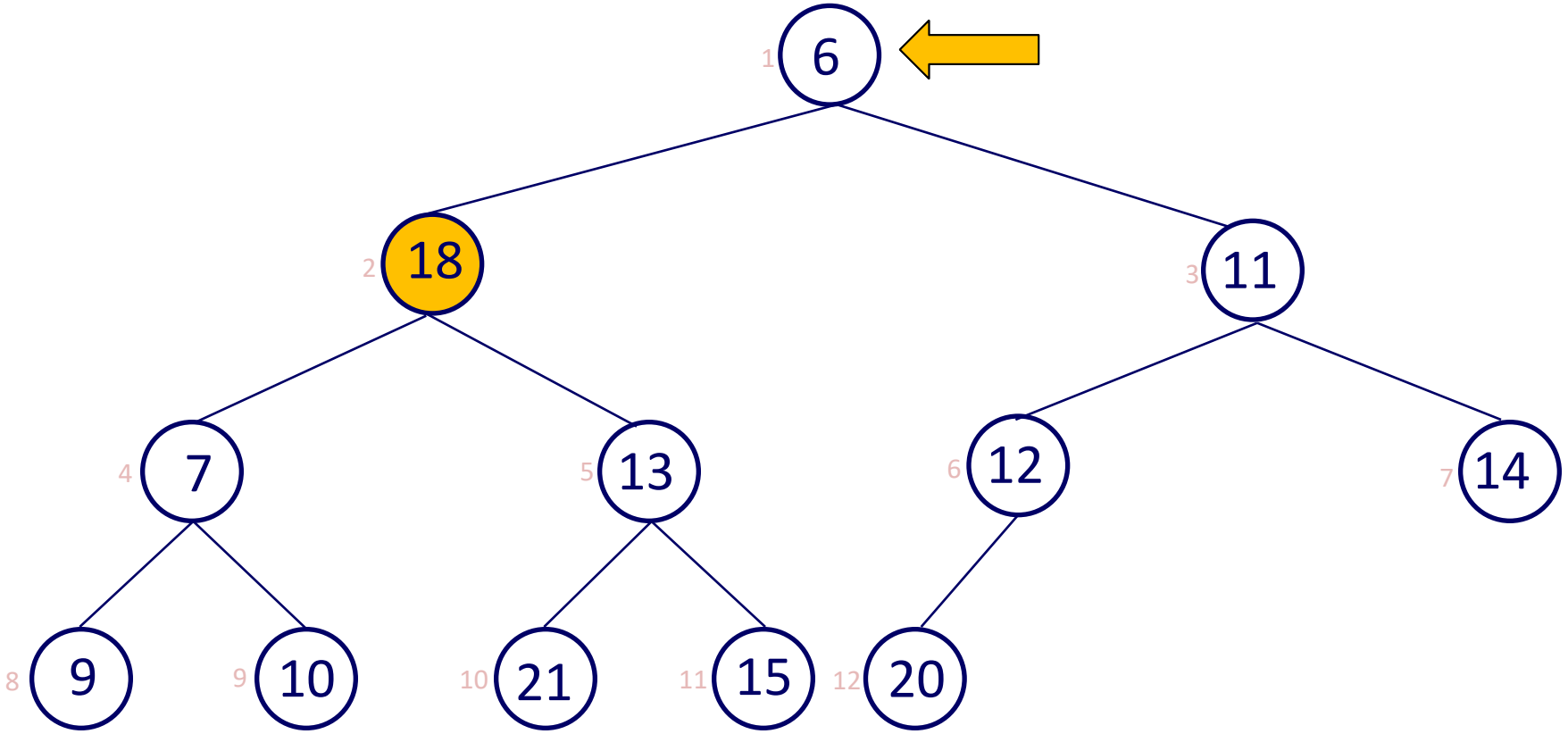
Tausche Vater (Index 1) mit kleinerem Sohn (Index 2).



	6	18	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel VII

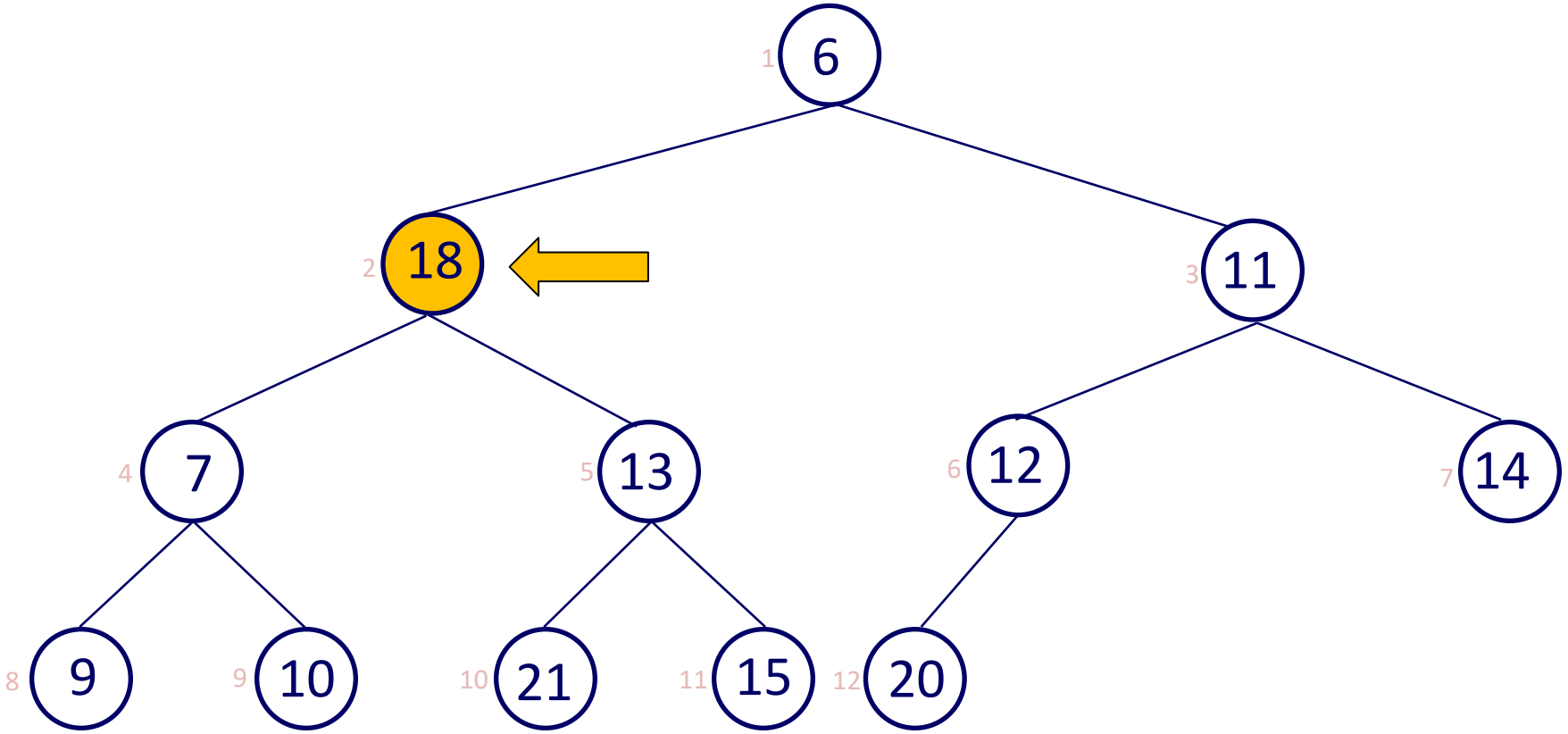
Knoten mit Index 1 und Inhalt 6 ist am richtigen Platz.



	6	18	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel VIII

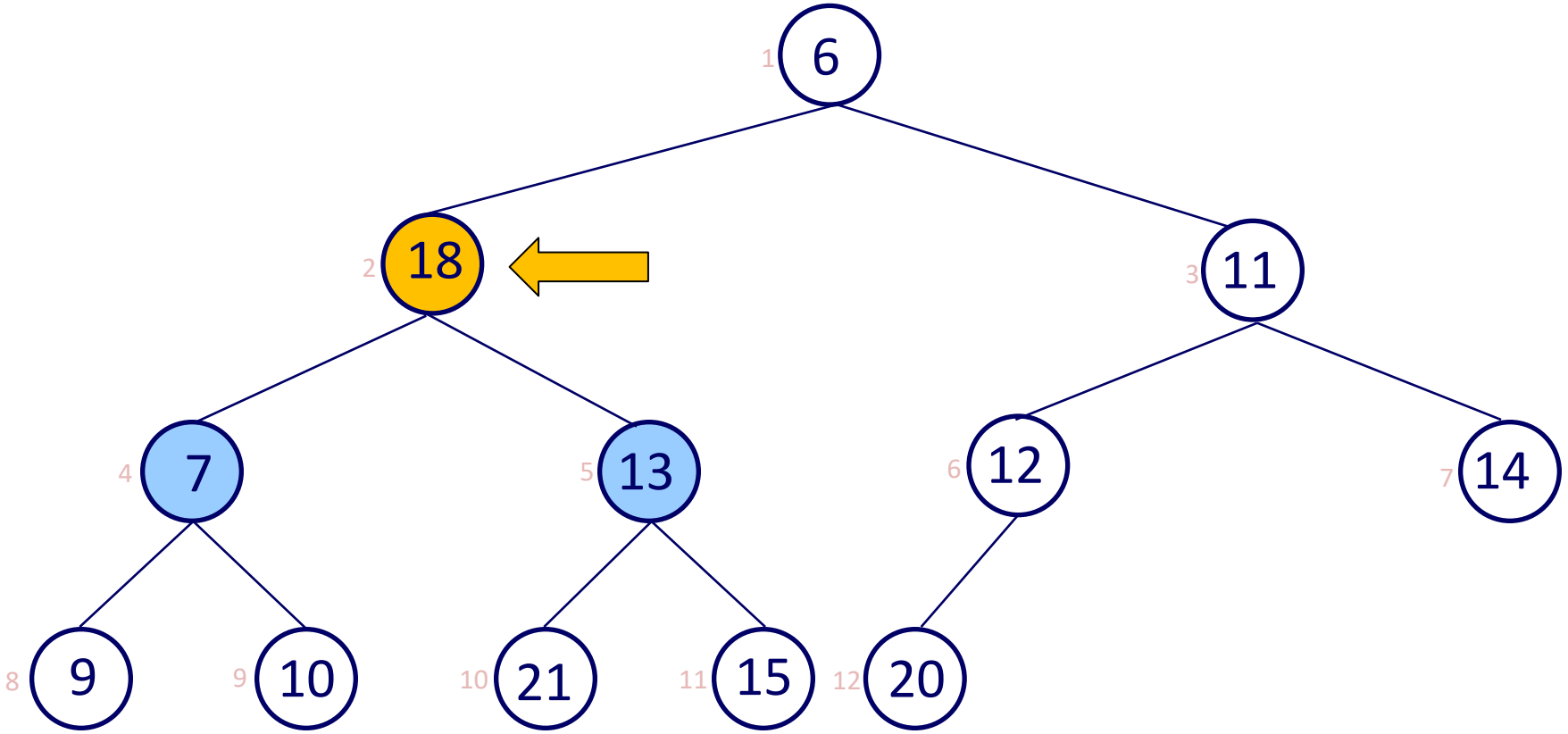
Rekursiver Aufruf mit geändertem Sohn:



	6	18	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel IX

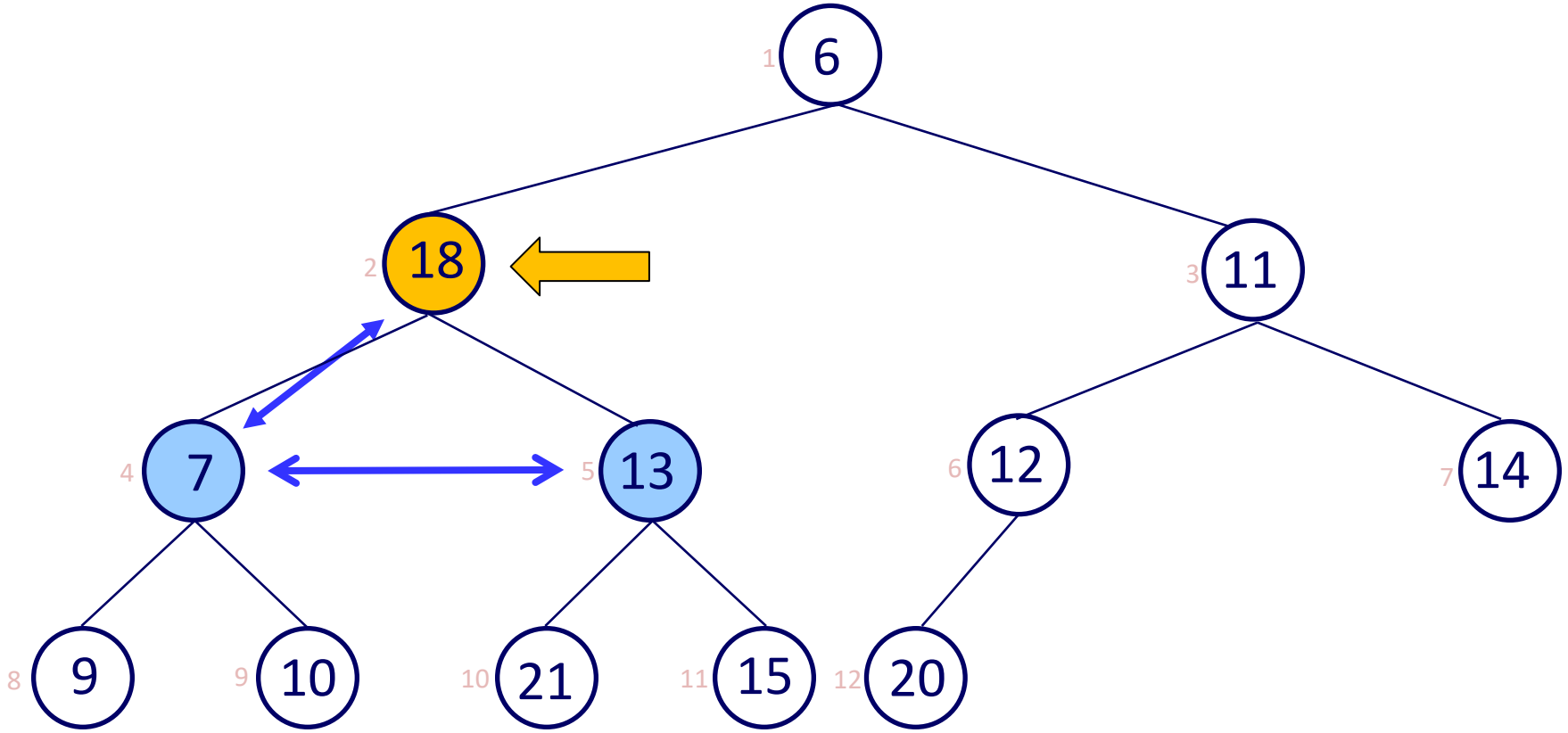
Binärer Baum? Ja. Heap? …



	6	18	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel X

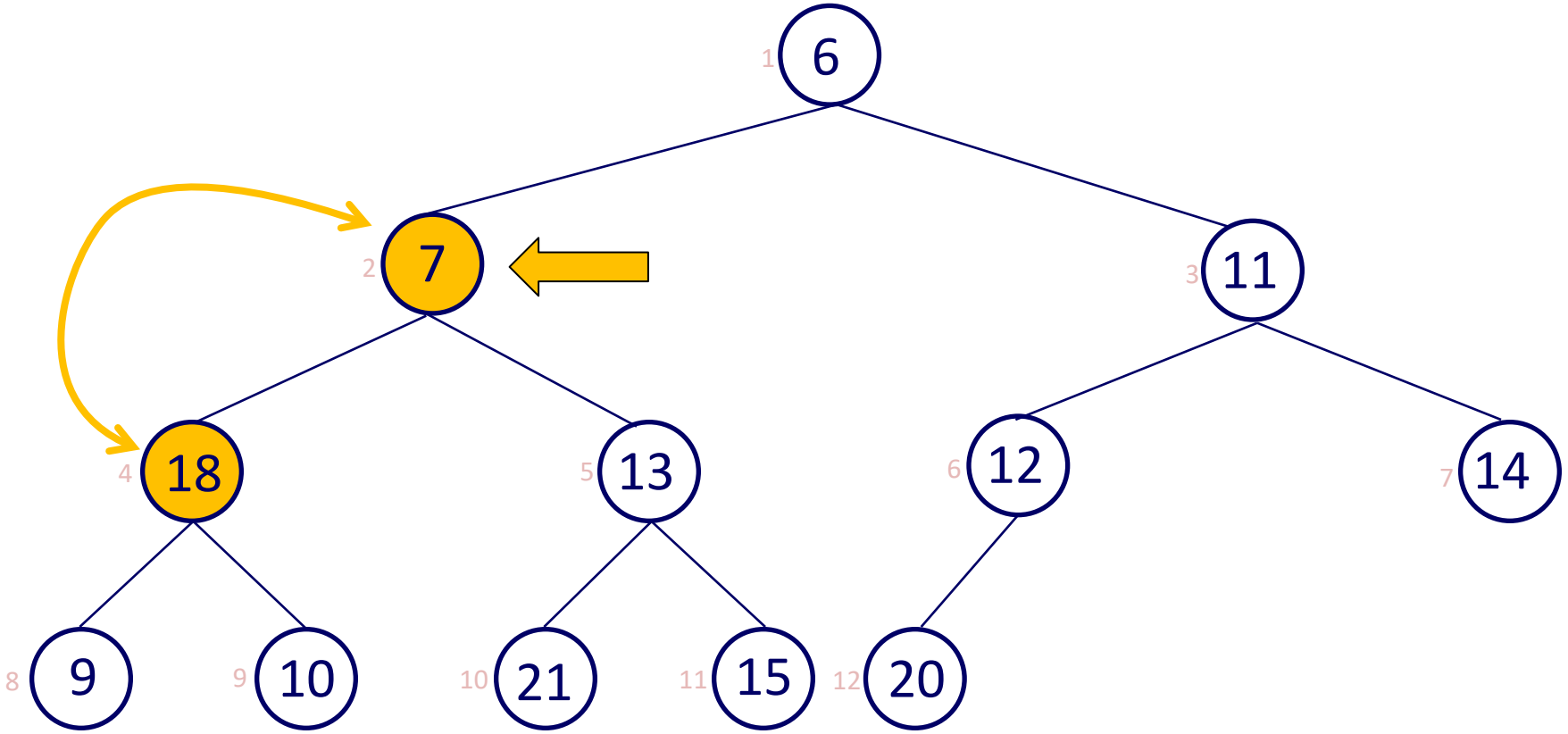
Knoten mit Index 4 ist der kleinere Sohn. Vater ist größer …



	6	18	11	7	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XI

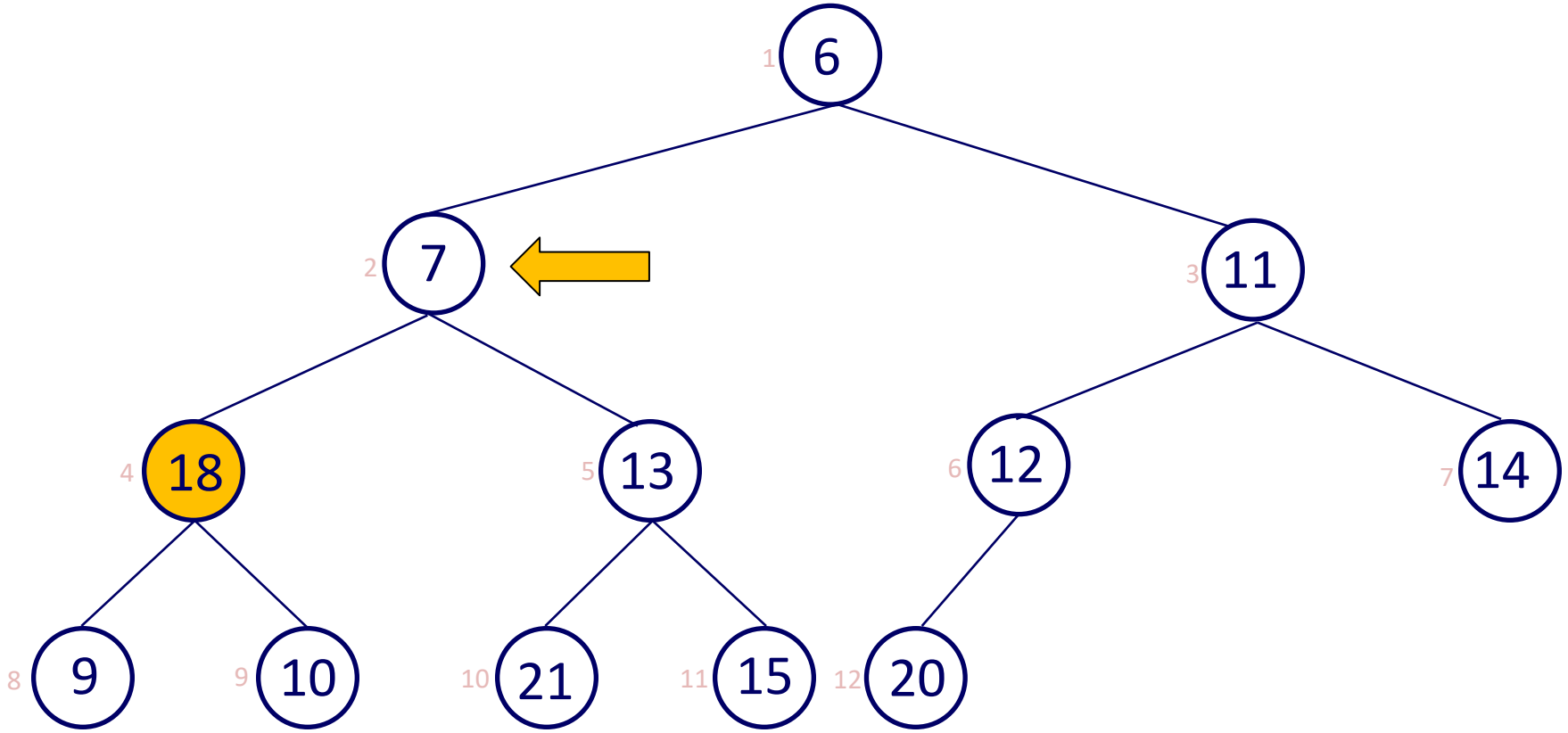
Tausche Vater (Index 2) mit kleinerem Sohn (Index 4).



	6	7	11	18	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XII

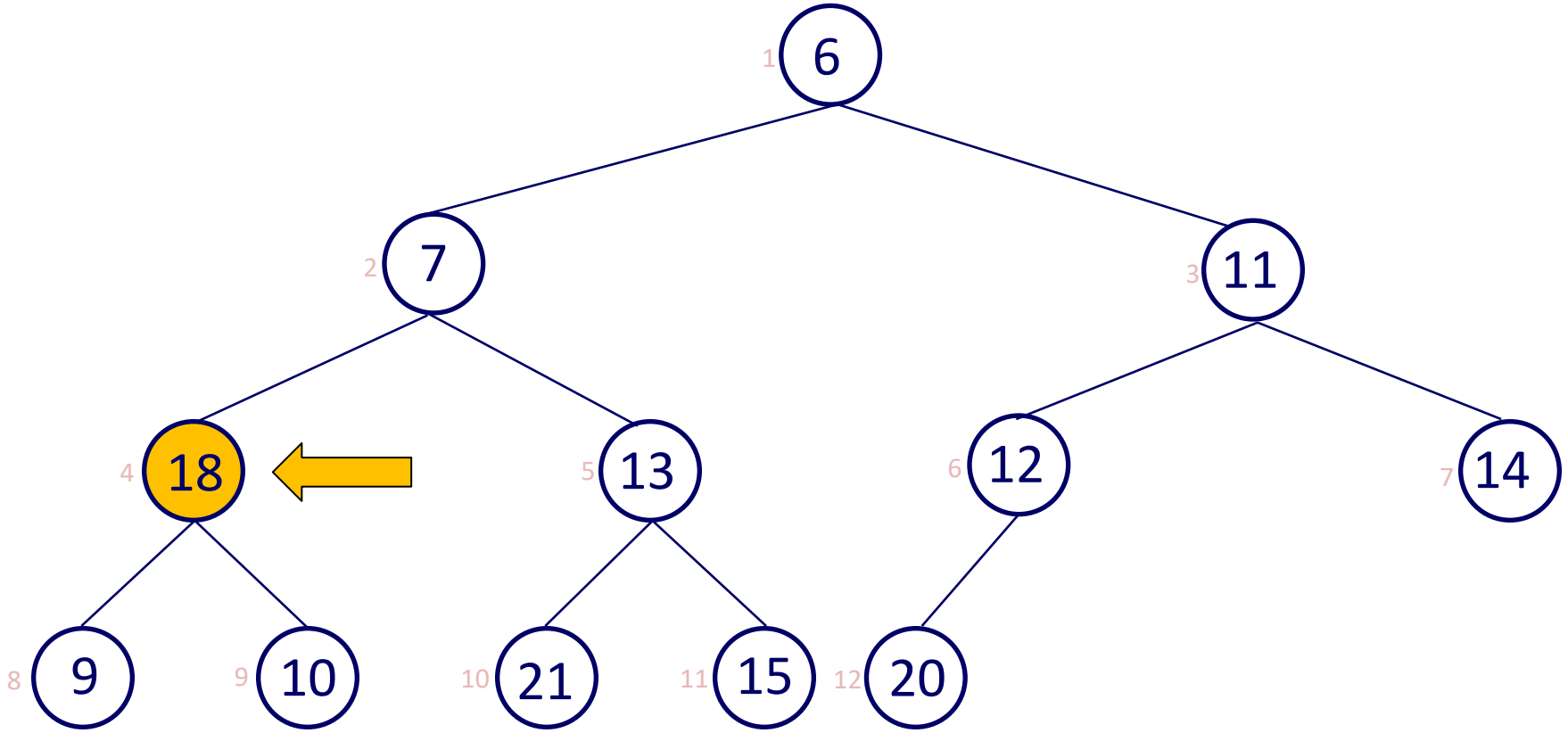
Knoten mit Index 2 und Inhalt 7 ist am richtigen Platz.



	6	7	11	18	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XIII

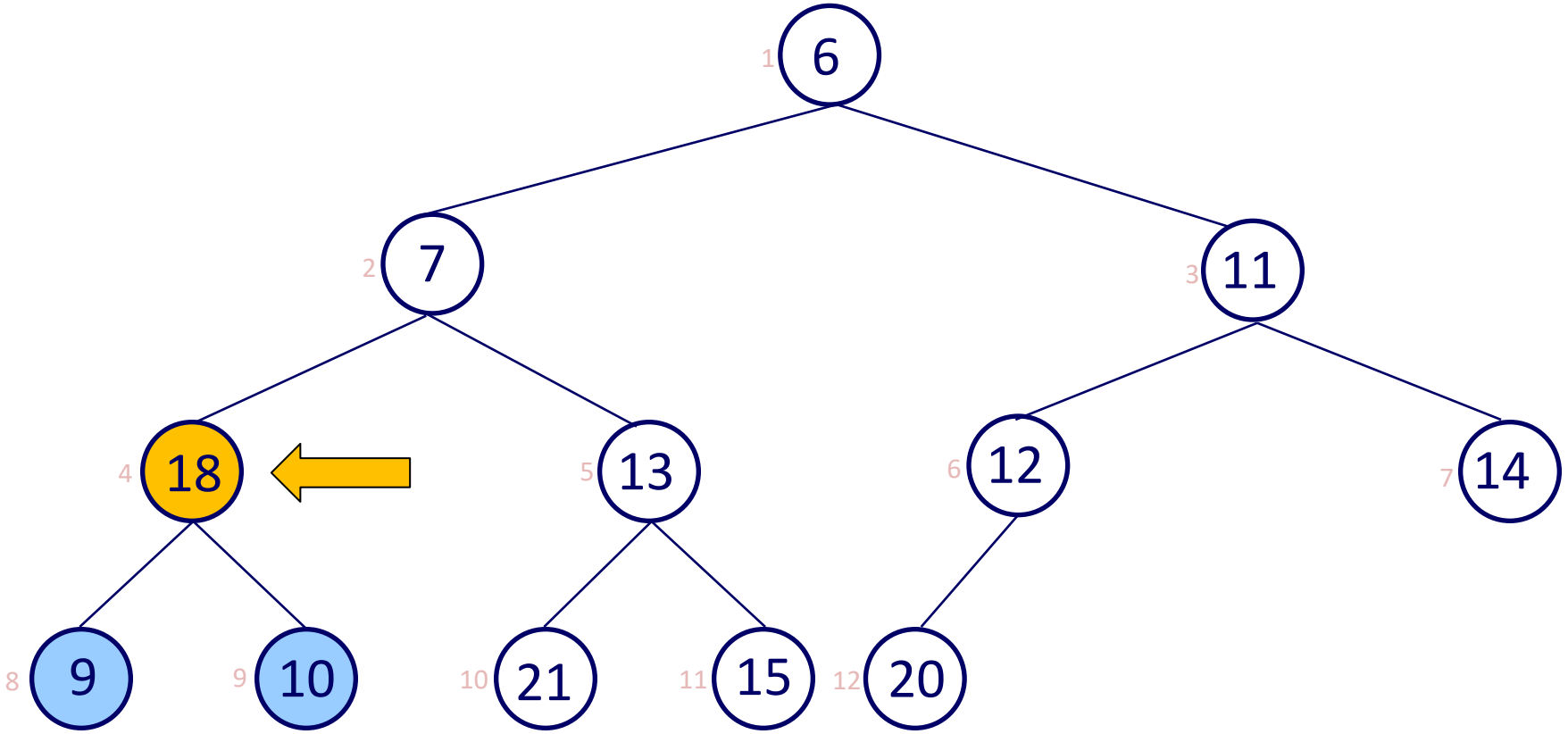
Rekursiver Aufruf mit geändertem Sohn:



	6	7	11	18	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XIV

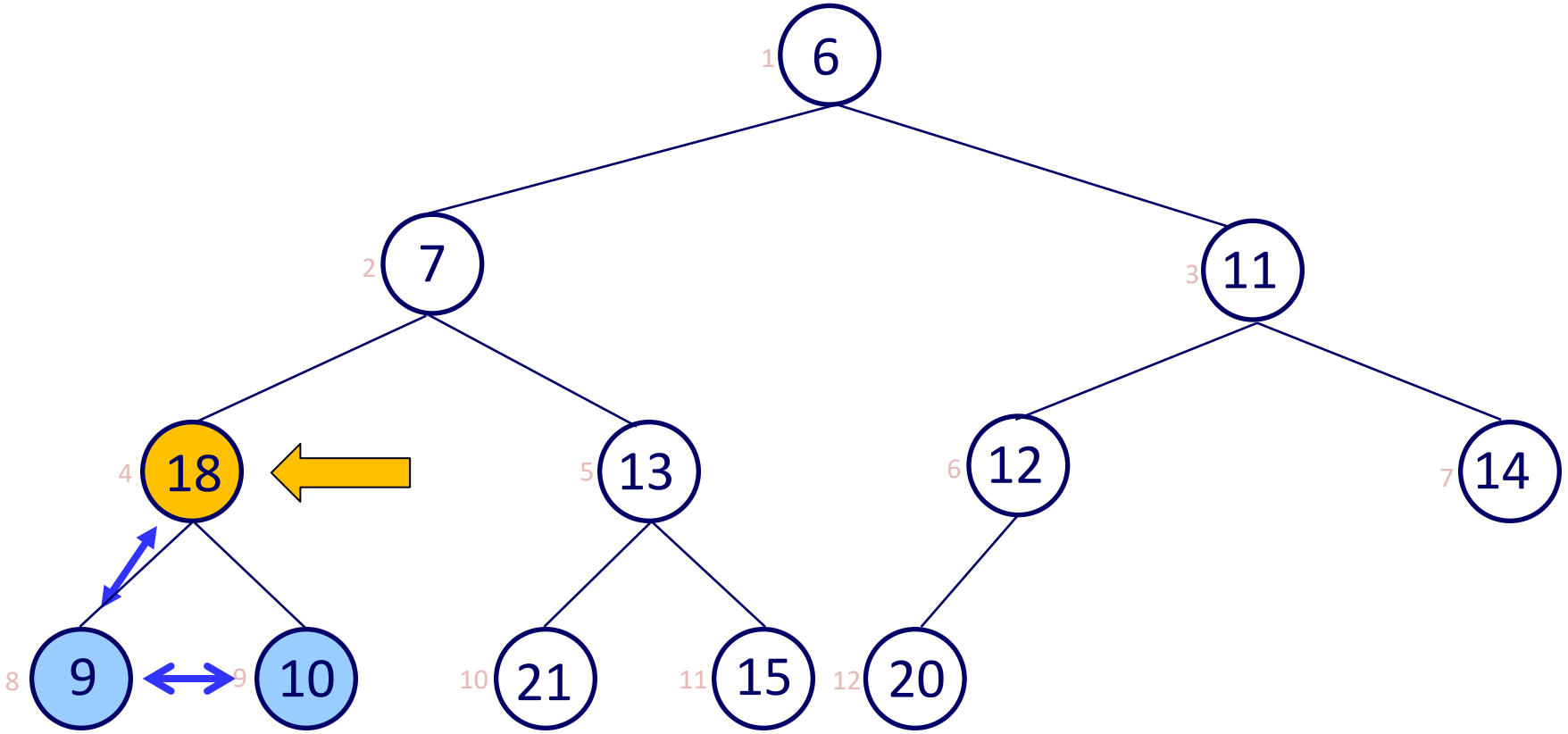
Binärer Baum? Ja. Heap? …



	6	7	11	18	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XV

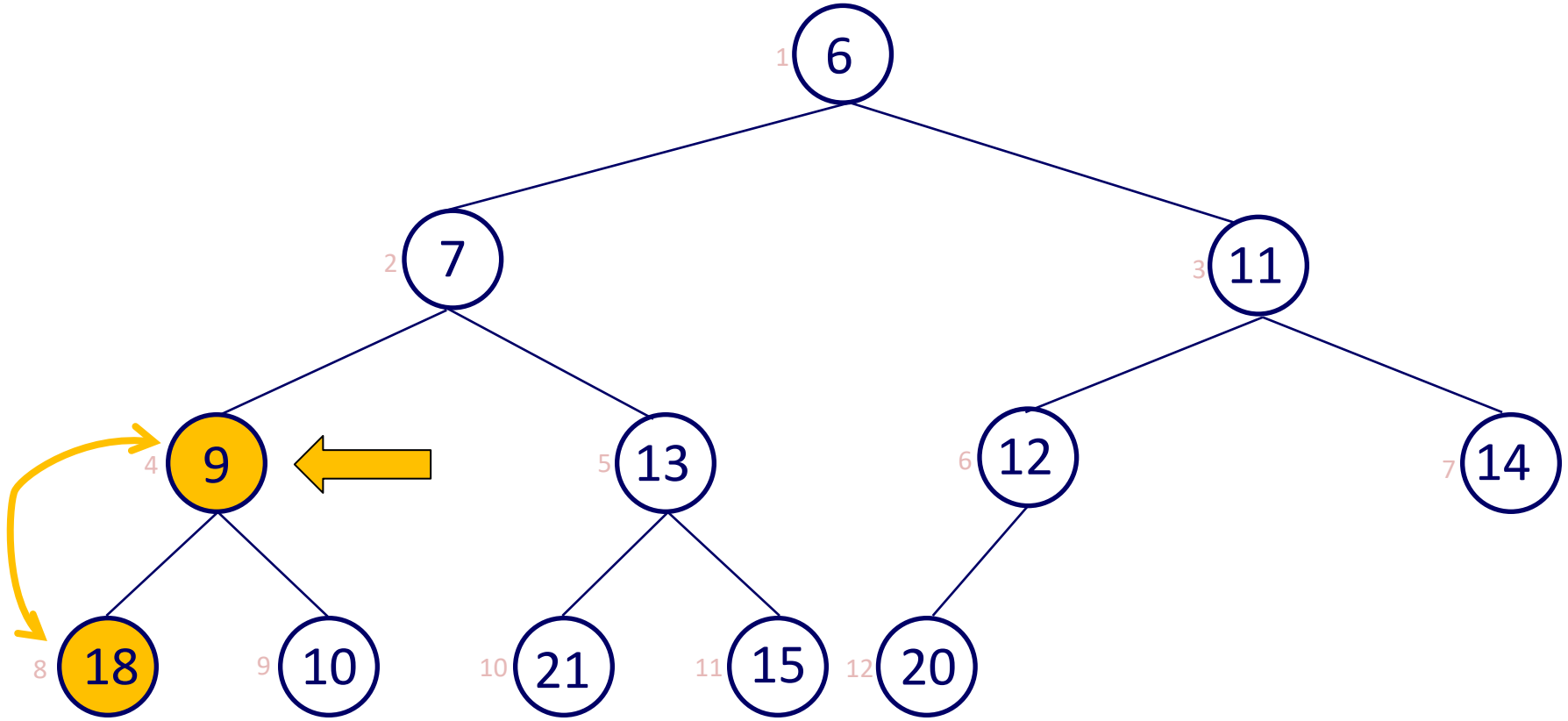
Knoten mit Index 8 ist der kleinere Sohn. Vater ist größer …



	6	7	11	18	13	12	14	9	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XVI

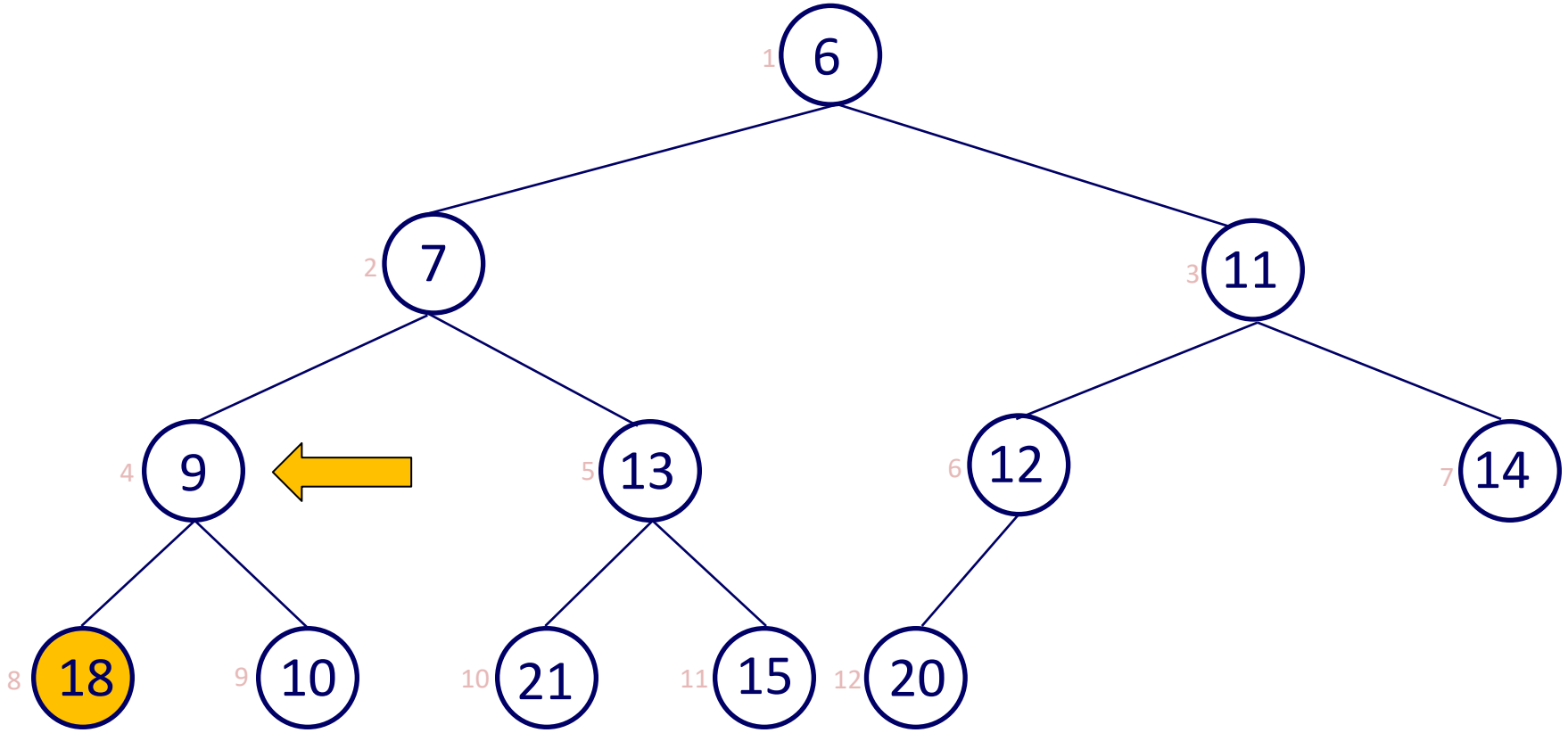
Tausche Vater (Index 4) mit kleinerem Sohn (Index 8).



	6	7	11	9	13	12	14	18	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XVII

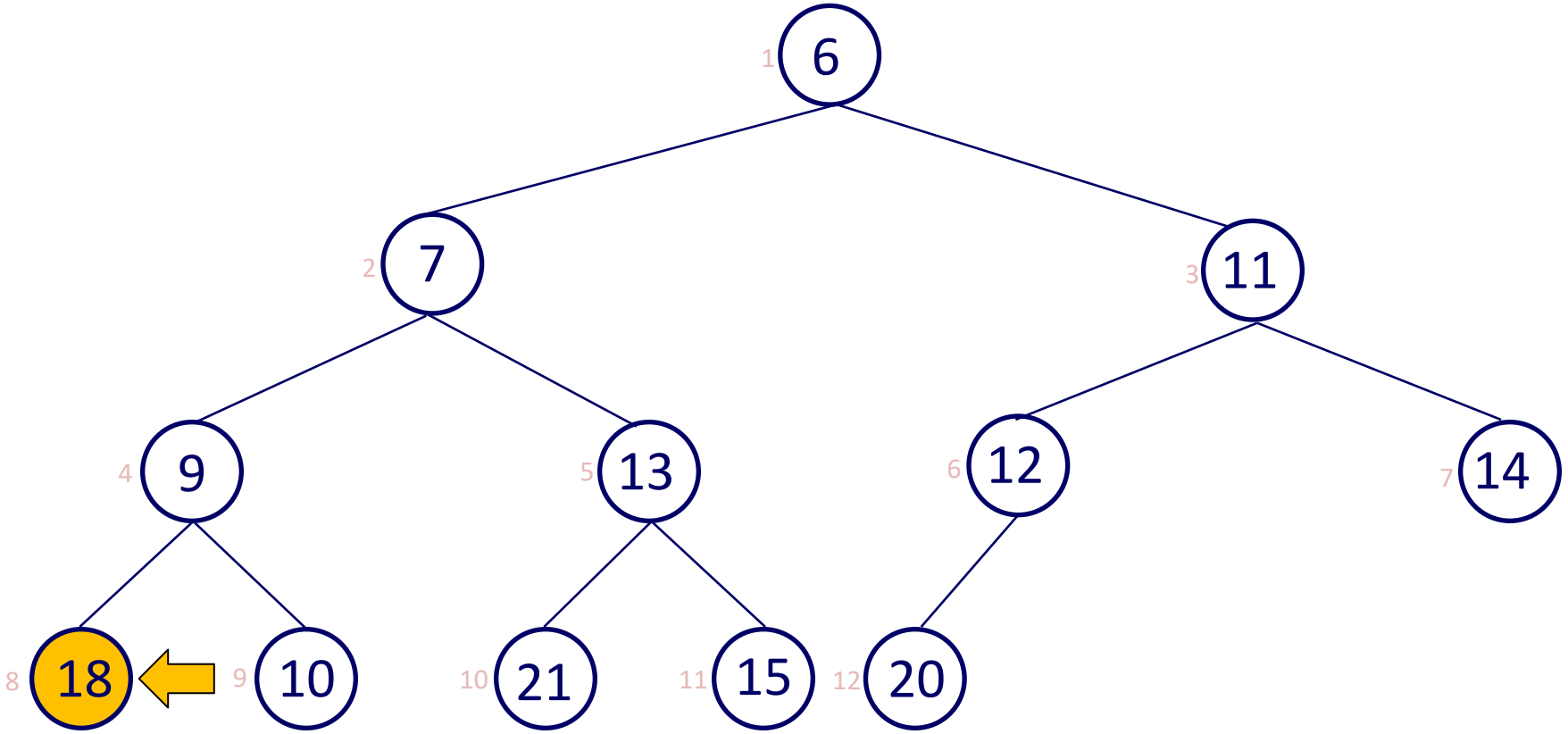
Knoten mit Index 4 und Inhalt 9 ist am richtigen Platz.



	6	7	11	9	13	12	14	18	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XVIII

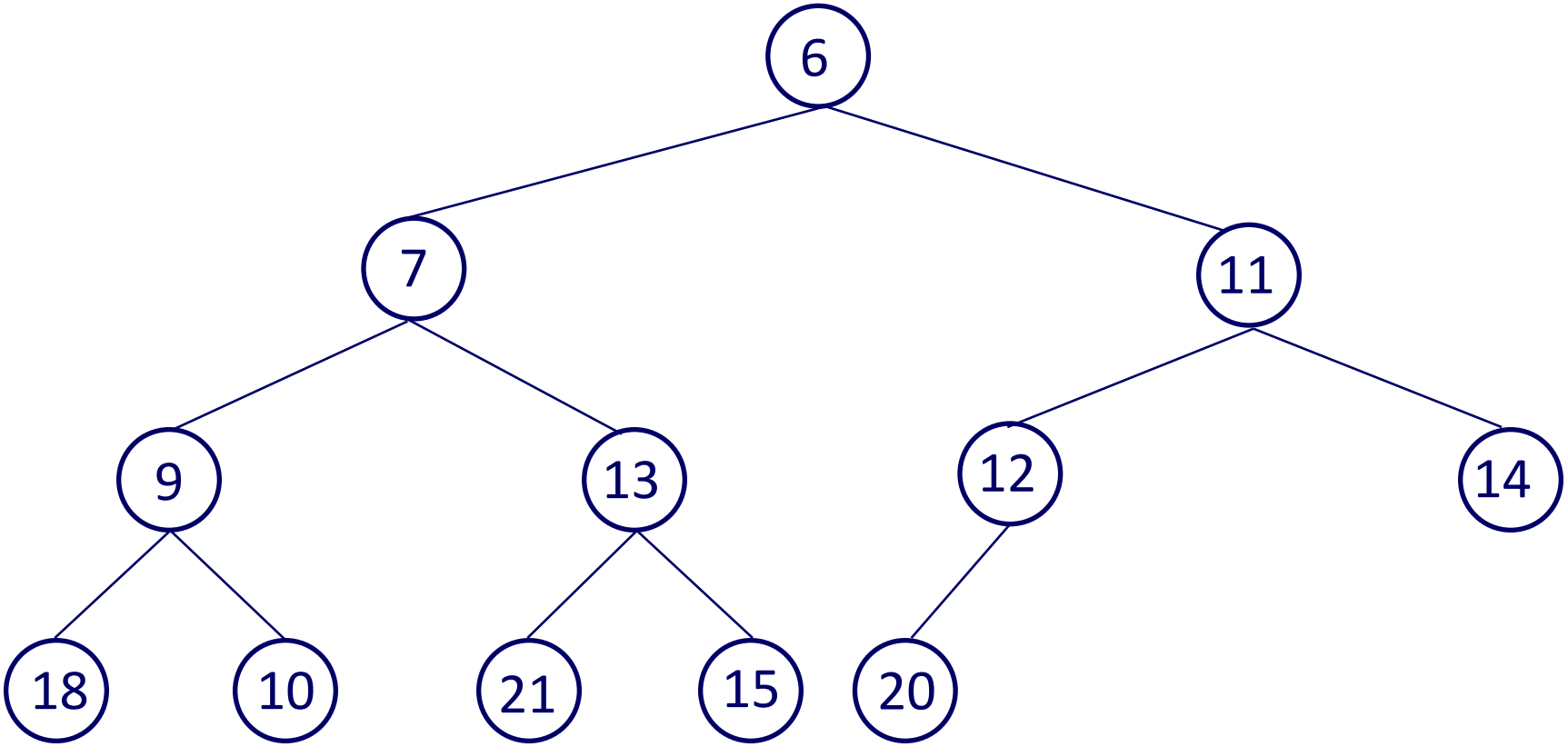
Rekursiver Aufruf mit geändertem Sohn:



	6	7	11	9	13	12	14	18	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Beispiel XIX

Der hat keine Nachfolger. Fertig.



	6	7	11	9	13	12	14	18	10	21	15	20	.	.	.	.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Code: Heapify

```
01 public void heapify(int k) {
02      int lsNR = 2*k;          // Nummer des linken Sohns
03      int rsNR = 2*k + 1;      // Nummer des rechten Sohns
04      int selSohn;             // Nummer des selektierten Sohns
05
06      if (lsNr <= anzahlKnoten && rsNr > anzahlKnoten) {  // Es gibt
07          if (heapFeld[lsNr] < heapFeld[k] {              // keinen
08                  tausche(k, lsNr);                       // rechten
09          }                                               // Sohn.
10      }
11      else if (rsNr <= anzahlKnoten) {
12          selSohn =(heapFeld[lsNr]<heapFeld [rsNr] ? lsNr : rsNr );
13          // Wähle den Sohn mit der kleineren Markierung aus.
14          // Bei Gleichheit wähle den rechten Sohn.
15
16          if (heapFeld[selSohn] < heapFeld[k]) {              // Heap-
17              tausche (k, selSohn);                           // Bedingung
18              heapify(selSohn);                               // verletzt.
19          }
20      }
21 }
```

Anwendung: Heapsort I

Aufgabe: Benutze Heap zum (effizienten) Sortieren.

- **Heapsort** arbeitet in zwei Phasen:
  - Aufbau eines Heaps aus einem Feld
  - Schrittweiser Abbau des Heaps:
    - Auslesen des Wurzelelementes und Entfernen desselben
    - Legen des "letzten" Elementes in die Wurzel
    - Rekonstruktion der Heap-Bedingung für diese restlichen Elemente

Anwendung: Heapsort II

Warum?

Laufzeitenvergleich (mittlere Laufzeit)

zu sortierende Elemente	naives Sortierverfahren	Heapsort
10	100	33
100	10.000	664
1.000	1.000.000	9.965
10.000	100.000.000	132.877
100.000*	**10.000.000.000***	**1.660.964***
1.000.000	1.000.000.000.000	19.931.568
10.000.000	100.000.000.000.000	232.534.966

* 100.000 Vergleiche pro Sekunde: 27 h vs. 16 sek

Artikel im EINI-Wiki:

- → **Heap**
- → **Sortieren**
  - Heapsort

Zusammenfassung

- **Arrays**
  - Datenstruktur zur Abbildung gleichartiger Daten
  - Deklaration
  - Dimensionierung und Zuordnung von Speicher zur Laufzeit
  - Zuweisung: ganzes Array, Werte einzelner Elemente

- Algorithmen auf Arrays: Beispiel **Sortieren**
  - naives Verfahren: Minimum bestimmen, entfernen, Restmenge sortieren

  - **Heapsort**: ähnlich, nur mit Binärbaum über Indexstruktur

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Nächste Termine

- Nächste Vorlesung – WiMa 19.12.2024, 08:15
- Nächste Vorlesung – LogWing 20.12.2024, 08:15