Technische Hochschule Rosenheim

Entwicklung von Computerspielen: KI Einführung

Fakultät Informatik
FWPM

Technische Hochschule Rosenheim

KI
Übersicht

- Rundenbasierte Spiele
- Wegplanung
- Bewegungen
- Kartengenerierung

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Übersicht

- Spielbäume
- MiniMax
- Alpha-Beta Pruning
- Transpositionstabellen
- Monte-Caröp Baumsuche (MCTS)

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Spielbäume

- Hauptanwendung: **rundenbasierte** Spiele
  Beispiel: Dame, Schach...
- Gesucht: **Lösungsstrategie**
  Spezifiziert einen Zug für jede mögliche Antwort des Gegners
- Zeitlimit:
  Erzwingt eine **Näherungslösung**
- Bewertungsfunktion
  Bewertung der **Güte** einer Spielposition

KI – Rundenbasierte Spiele
Arten von Spielen

	deterministisch	Zufall
Vollständige Information	Dame, Schach, Go	Monopoly, Backgammon
Unvollständige Information		Poker, Schafkopf

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Spielbäume : Minimax Ansatz

- Spielaufbau:

  Spiel ist deterministisch mit vollständiger Information

  2 Spieler: MAX und MIN
  - MAX zieht zuerst
  - Dann abwechselnd, bis Spielende erreicht

  MAX verwendet **Suchbaum**, um den nächsten Zug zu bestimmen
  - Anfangszustand
    - z.B. Konfiguration der Spielfiguren auf dem Brett
  - Nachfolgefunktion
    - Liste von (Zug, Zustand) Paaren, die gültige Züge angeben
  - Nutzenfunktion
    - Bewertet Endzustände (Blätter)
    - z.B. gewonnen(+1), verloren(-1), unentschieden(0)

KI – Rundenbasierte Spiele
Spielbäume : Minimax Ansatz

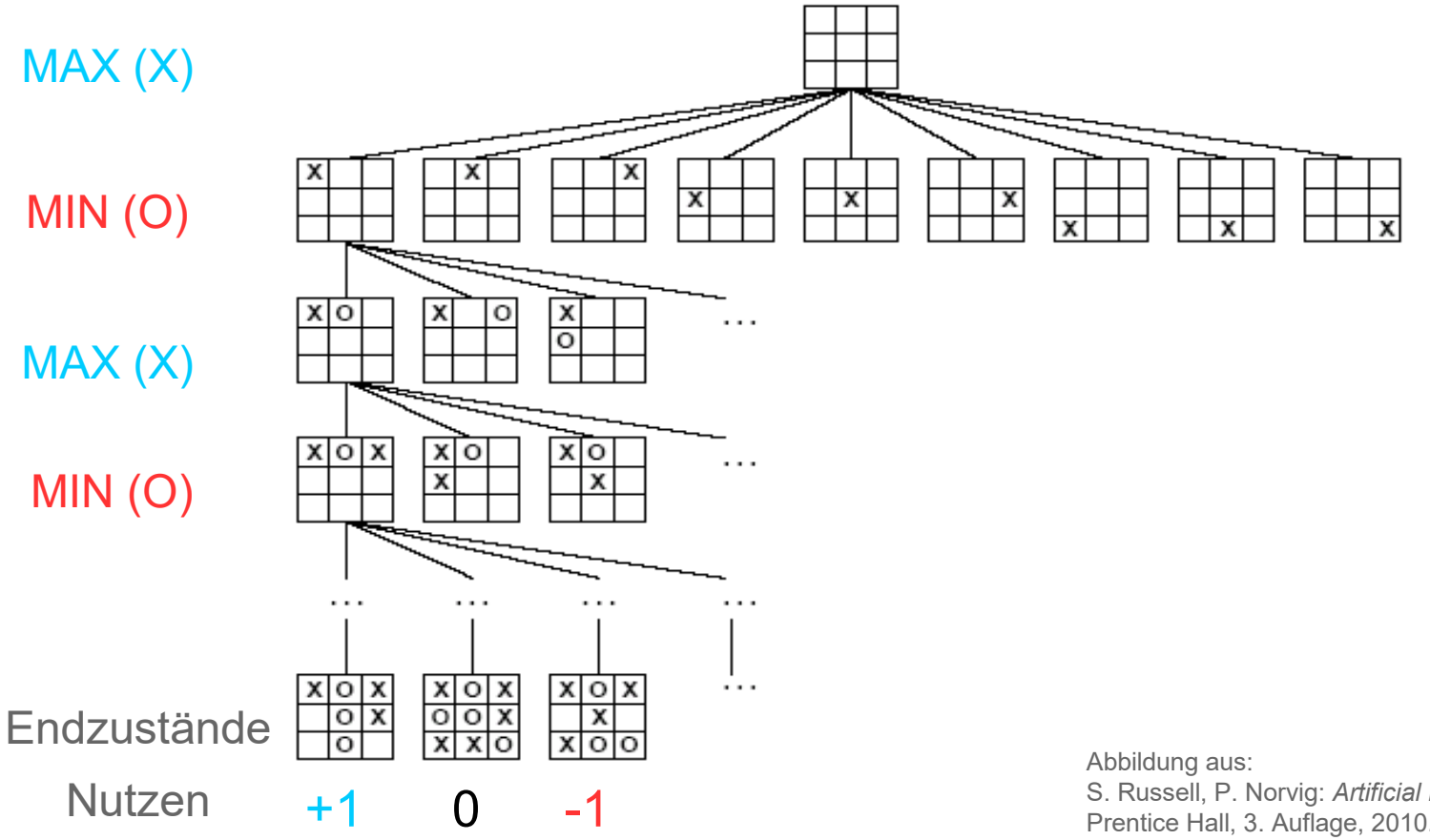


Abbildung aus:
S. Russell, P. Norvig: *Artificial Intelligence*, Prentice Hall, 3. Auflage, 2010.

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Optimale Strategie

- Ziel:
  Finde eine möglichst gute Strategie für MAX
  Nimm an, dass der Gegner MIN keine Fehler macht
- Annahme: BEIDE Spieler spielen optimal!
- Bestimmung der **optimalen** Strategie aus dem Spielbaum:
  Berechne den Minimax-Wert jedes Knotens:

MINIMAX-Wert(n) =

Nutzen(n)		wenn n ein Blatt
$\max_{s \in \text{nachfolger}(n)}$	MINMAX-WERT(s)	wenn n ein MAX-Knoten
$\min_{s \in \text{nachfolger}(n)}$	MINMAX-WERT(s)	wenn n ein MIN-Knoten

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele

Beispiel: 2-Halbzüge Spiel

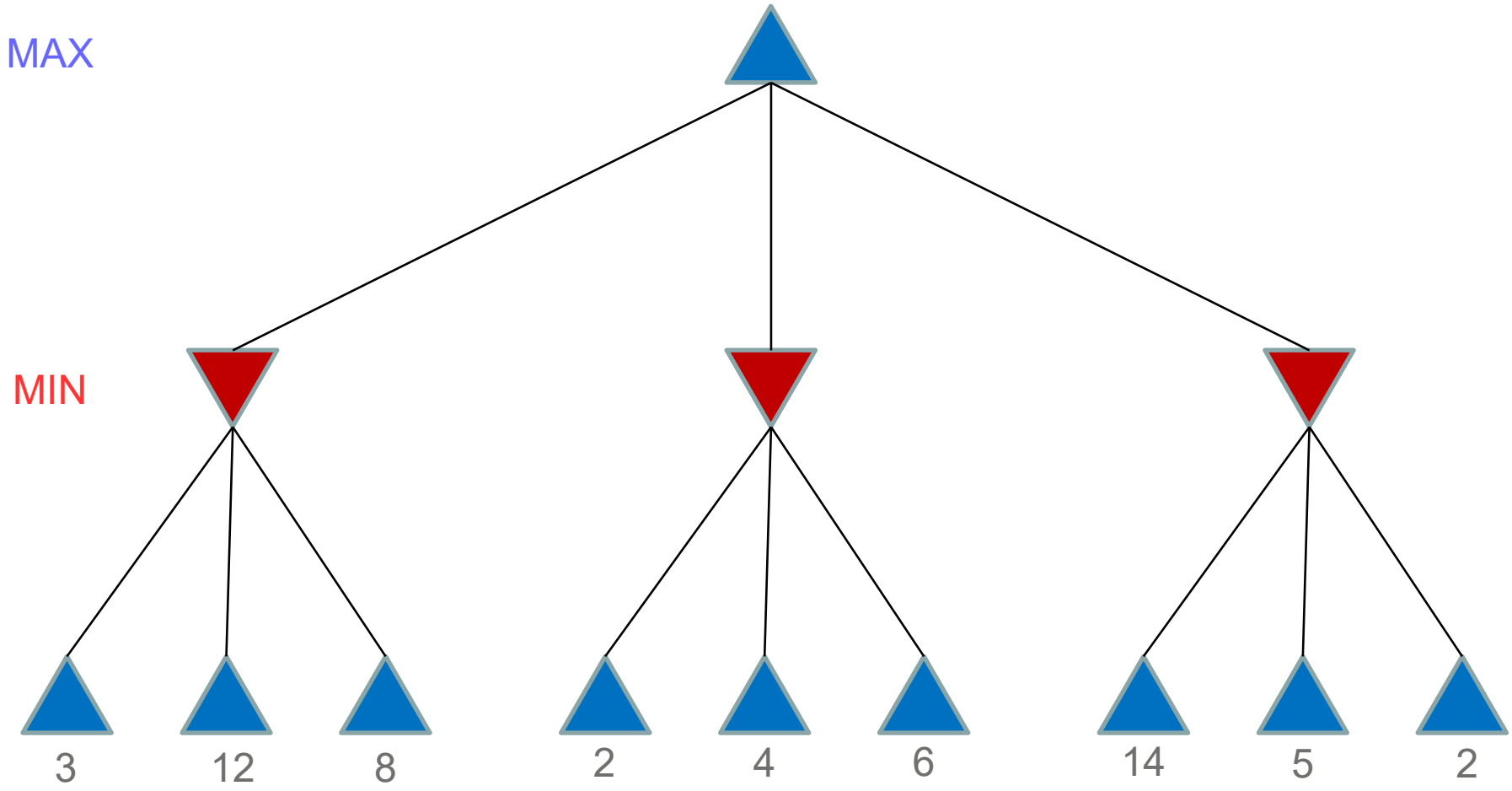


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Beispiel: 2-Halbzüge Spiel

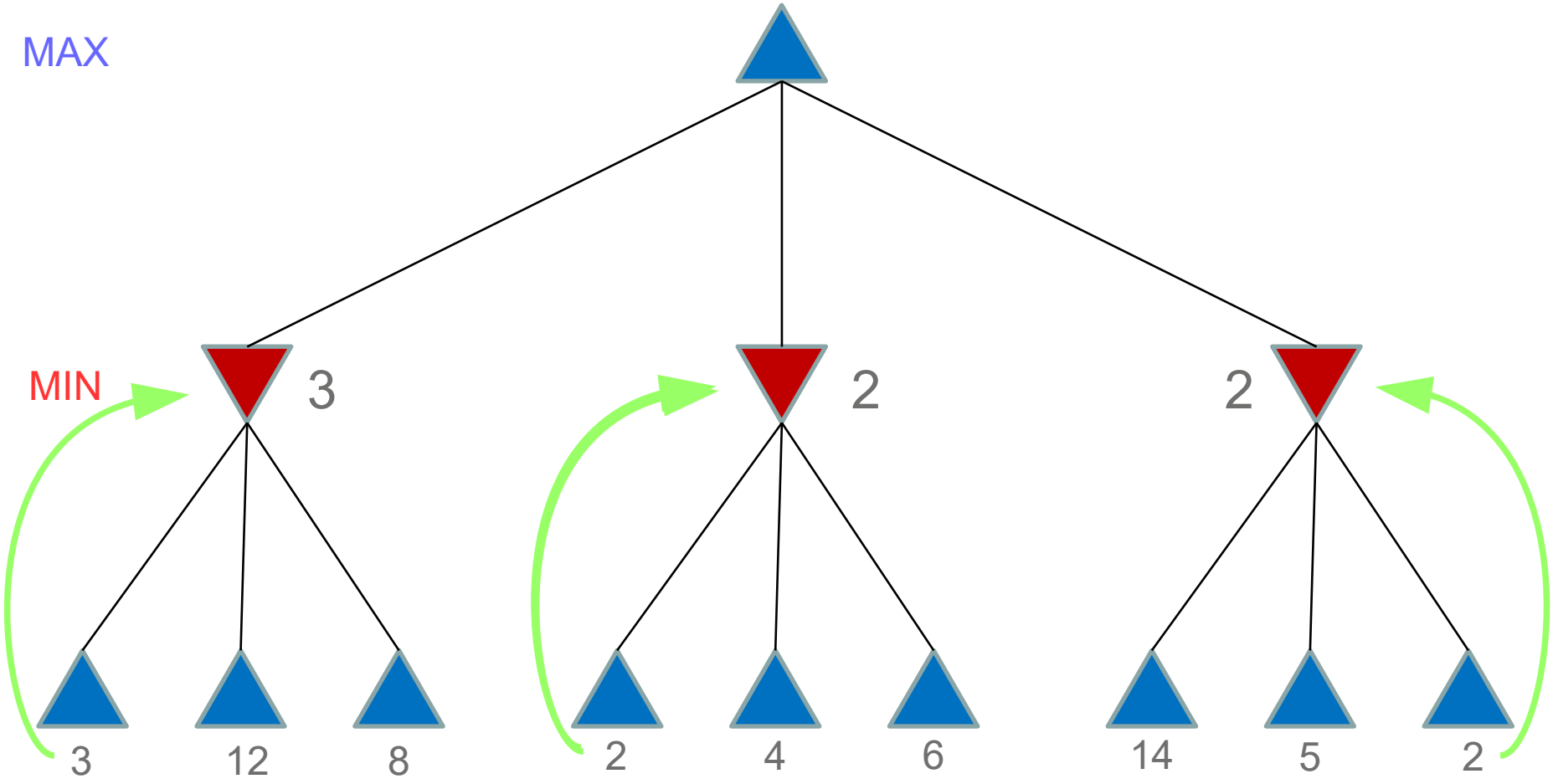


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Beispiel: 2-Halbzüge Spiel

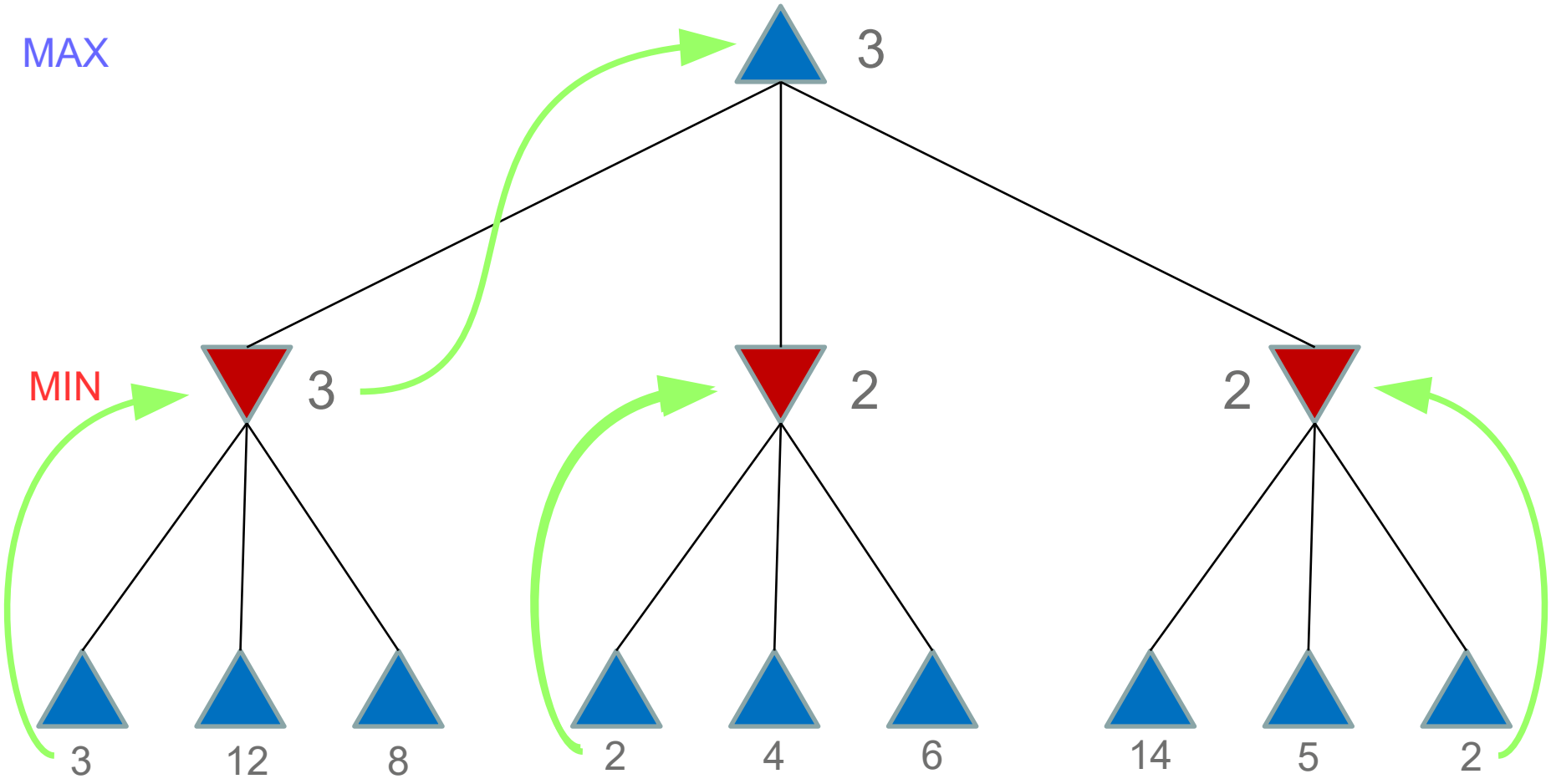


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Was Wenn MIN nicht optimal spielt?

- Ursprüngliche Annahme: MIN macht keine Fehler
  Dann maximiert Minimax das schlechtest-mögliche Ergebnis für MAX
  (schlechter kann es nicht werden)

- Wenn MIN nicht optimal spielt, ist das Ergebnis für MAX sogar noch besser
  Oder mindestens gleich gut: schlechter kann es nicht werden

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Mehrspieler-Spiele

- Aus skalaren Minimax-Werten werden Vektoren
- Beispiel: 3 Spieler → Bewertung für jeden Spieler (A,B,C)

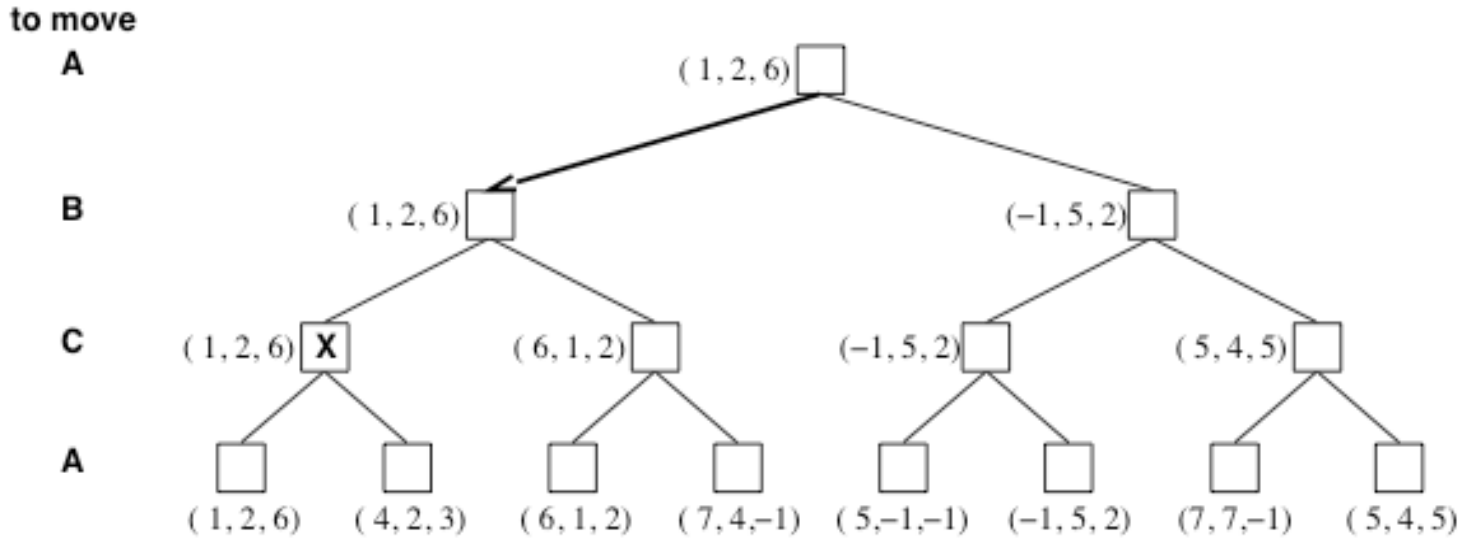


Abbildung aus:
S. Russell, P. Norvig: *Artificial Intelligence*, Prentice Hall, 3. Auflage, 2010.

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Minimax - Eigenschaften

- Komplexität
  - b- maximaler Verzweigungsgrad des Baums
  - m- maximale Tiefe des Zustandsraums (des Baums)

  Zeitkomplexität : $O(b^m)$
  Speiecherkomplexität O(bm)

- Beispiel Schach:
  B ≈ 35, m ≈ 100 → $b^m \approx 35^{100} \approx 2{,}5 \cdot 10^{154}$
  → exakte Lösung nicht berechenbar

  Weil:
  3GHz, 1 Knoten/Takt → $2{,}7 \cdot 10^{137}$ Jahre
  3000GHz, 1 Knoten/Takt → $2{,}7 \cdot 10^{134}$ Jahre

  Alter des Universums: ca $1{,}4 \cdot 10^9$ Jahre

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

- Minimax Problem: Anzahl der Spielzustände ist **exponentiell** in der Anzahl der Züge

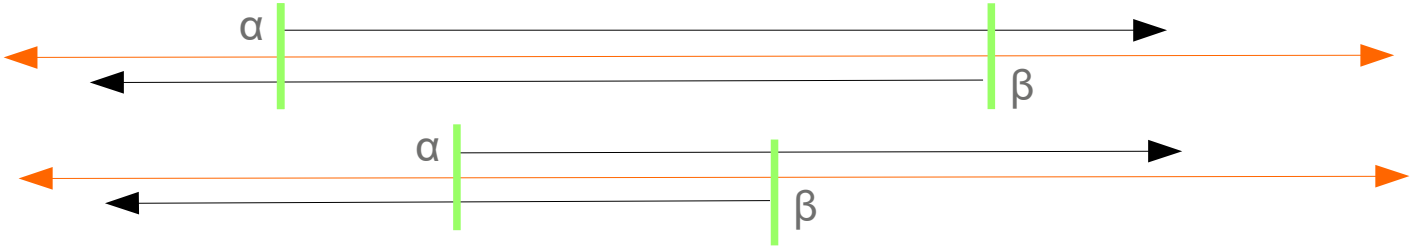
- Idee: betrachte **nicht jeden** einzelnen Knoten : **Alpha-Beta-Pruning**

  → **Entferne Zweige**, die die endgültige Entscheidung nicht beeinflussen

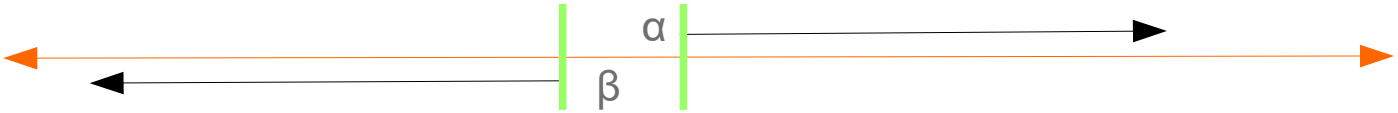
Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

- [α; β]
  α: größte Grenze für mögliche Bewertungen
  (nur für MAX- Knoten ändern)
  β: kleinste Grenze für mögliche Bewertungen
  (nur für MIN-Knoten ändern)
- Während der Verarbeitung werden untere und obere Grenze immer enger



- Wenn keine Überlappung mehr → Ende (Pruning)



Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

kompletter Baum
(wird so nicht erzeugt)

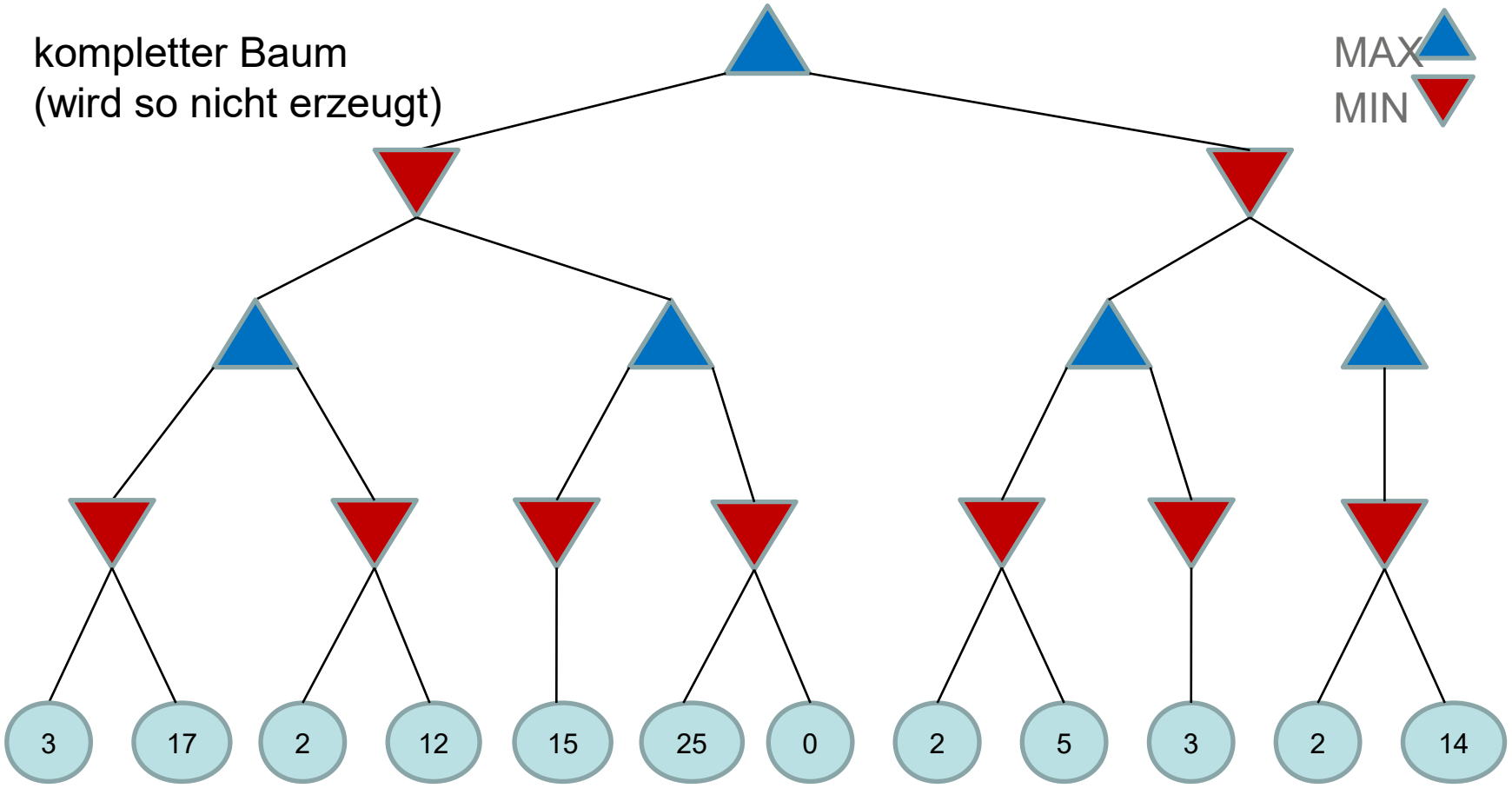


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

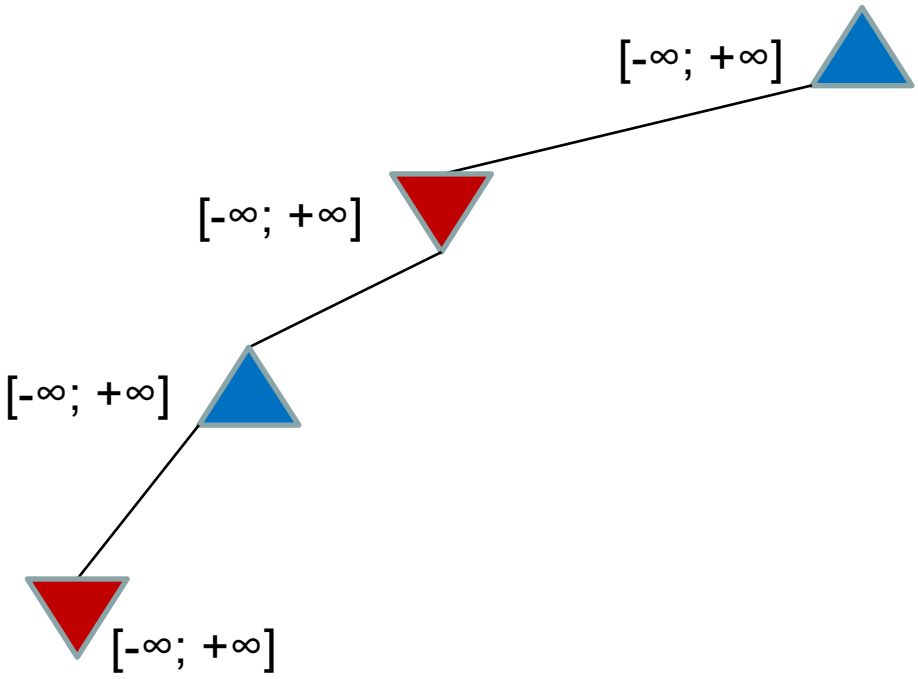


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

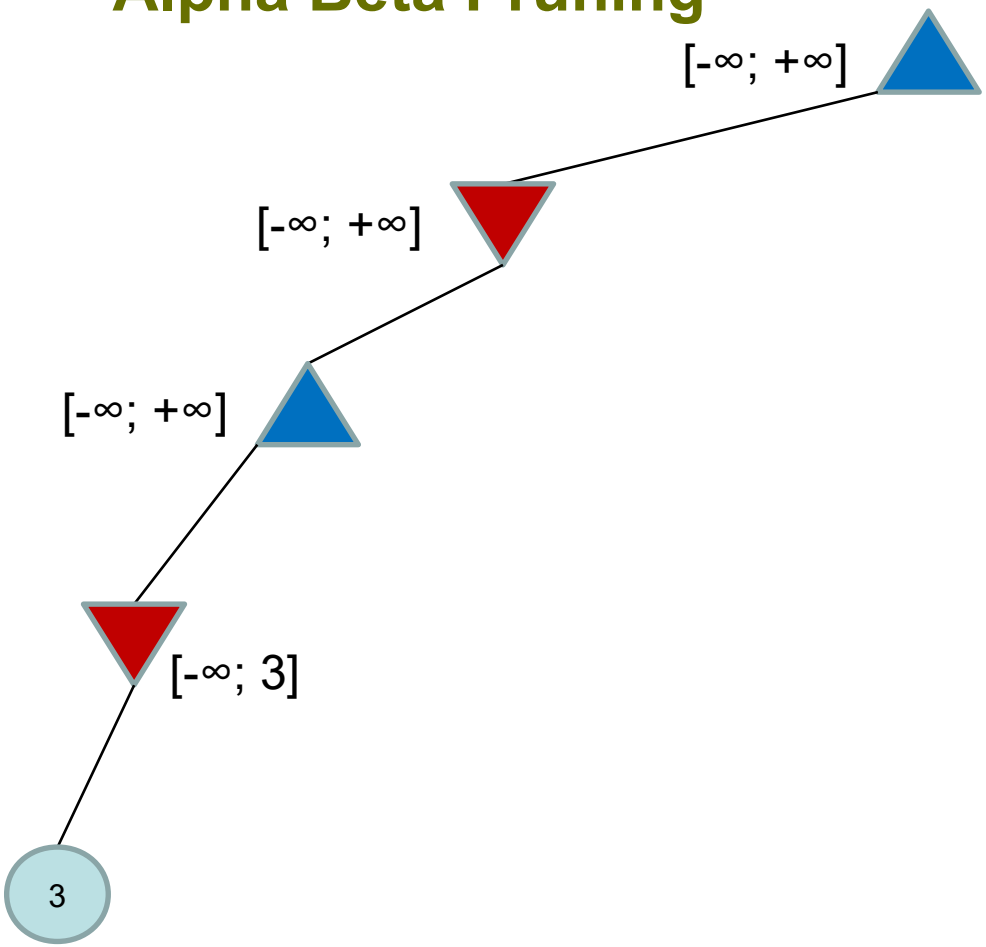


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

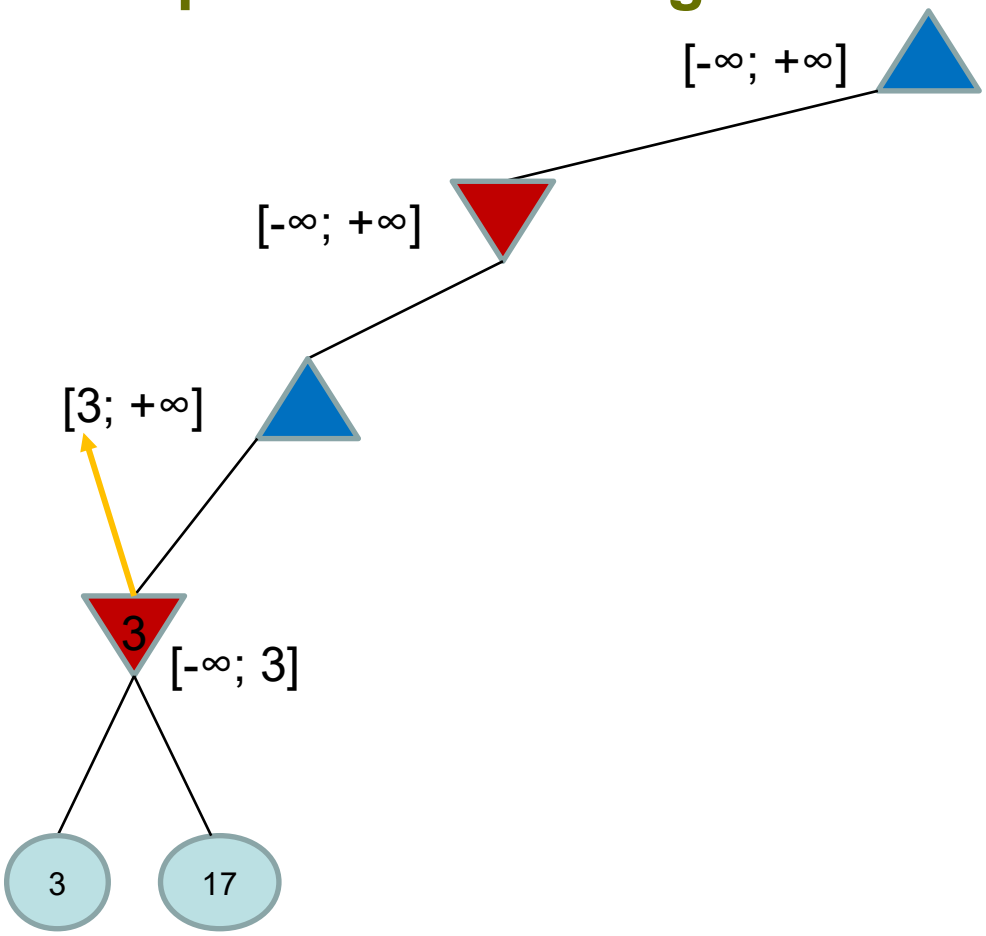


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

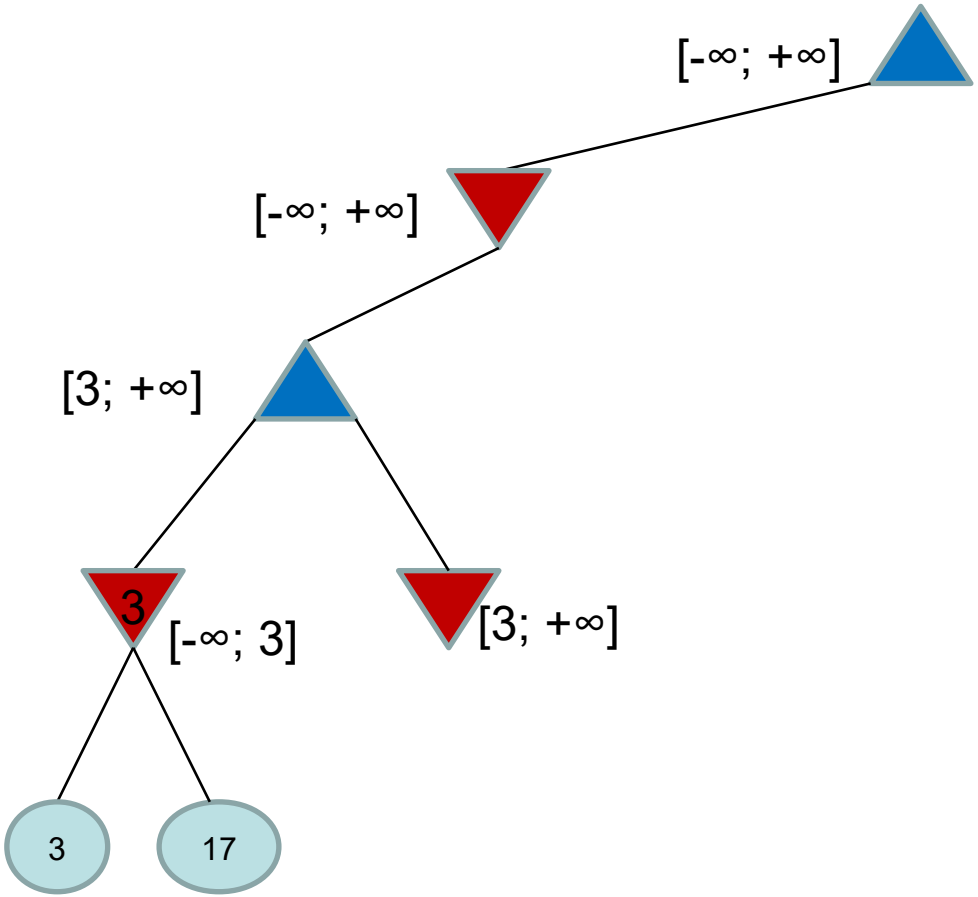


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

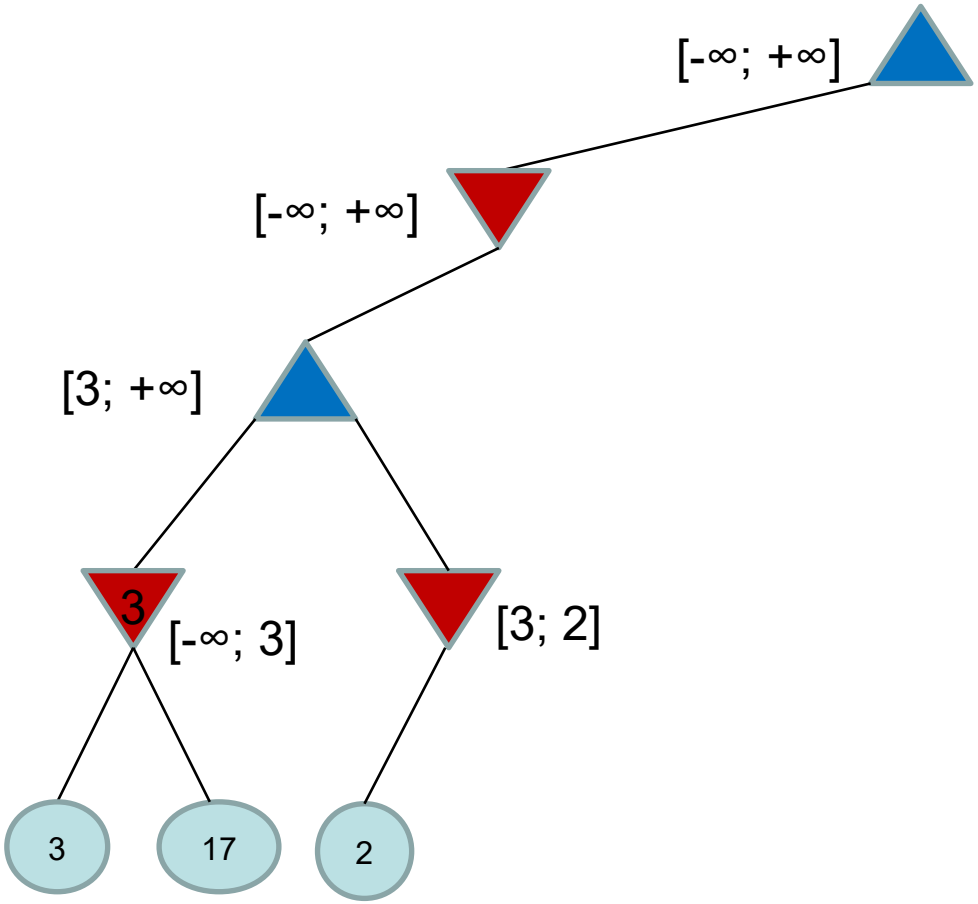


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

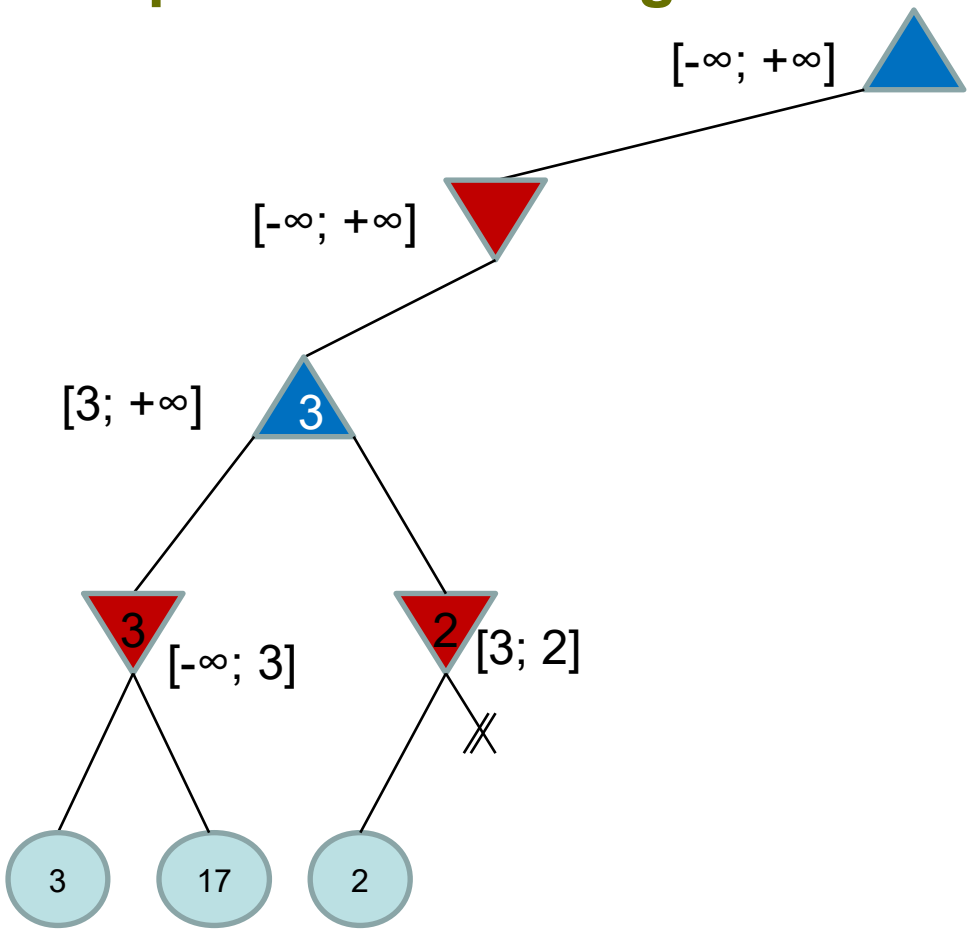


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

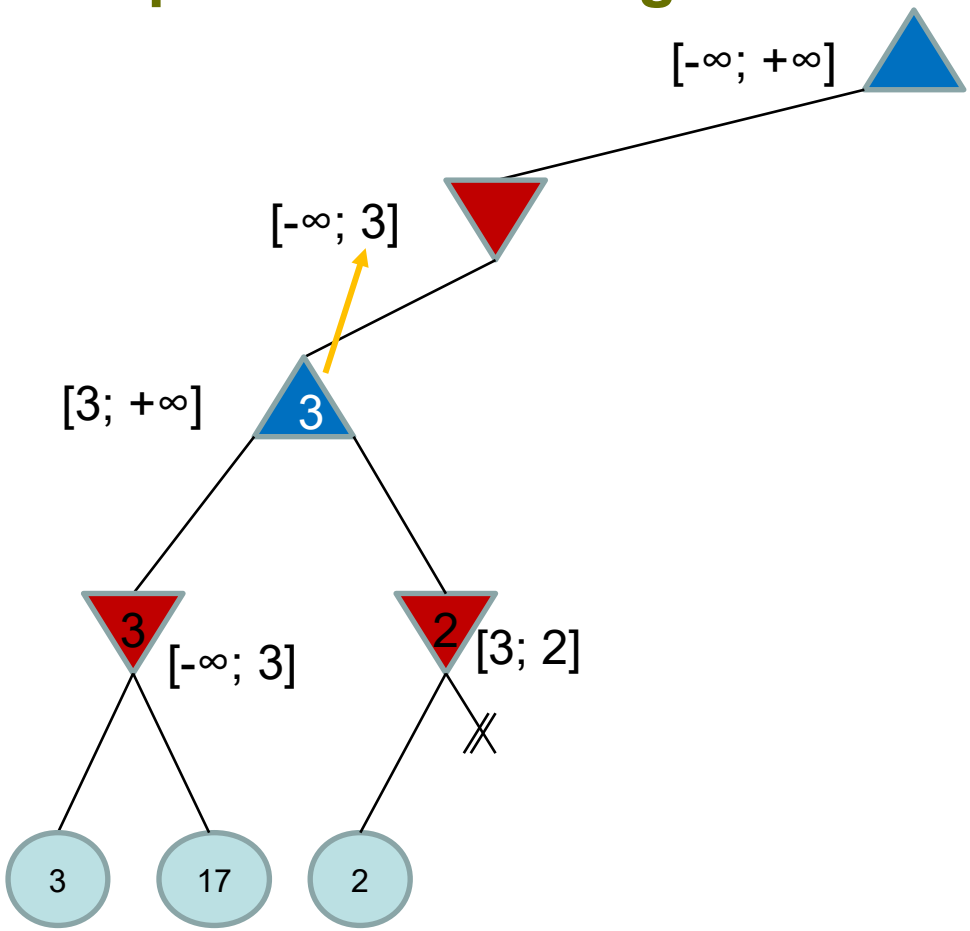


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

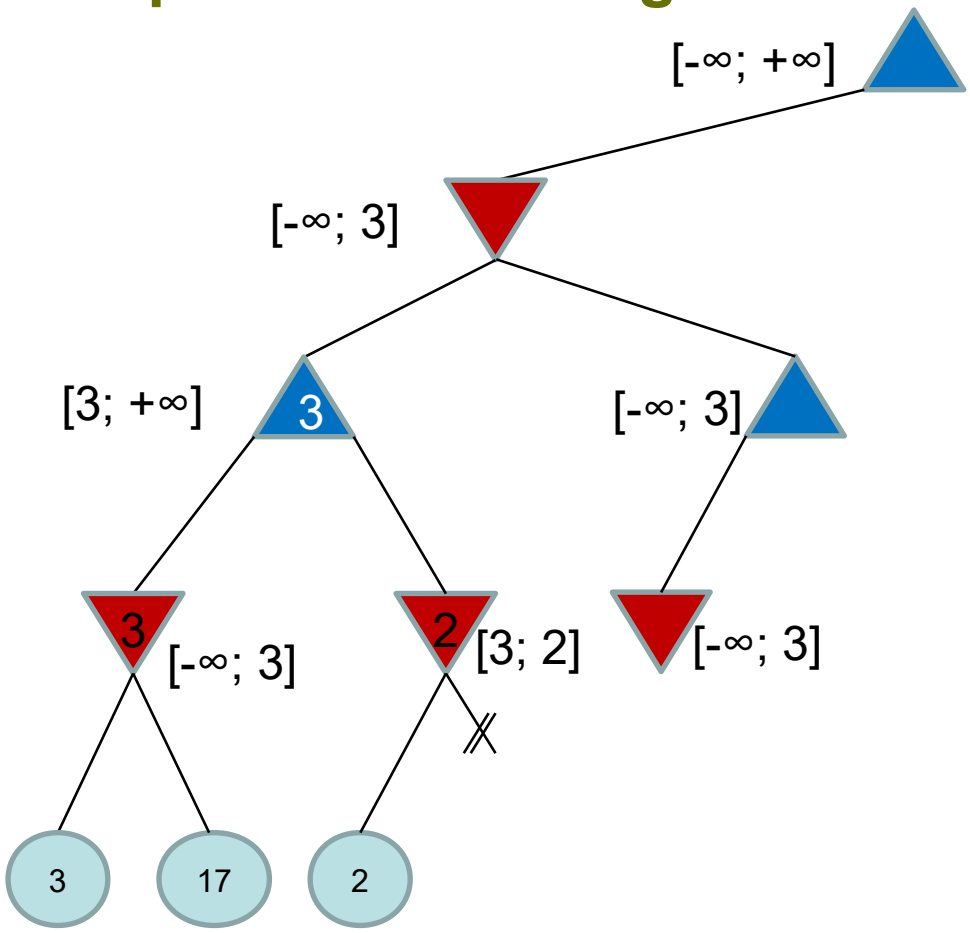


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

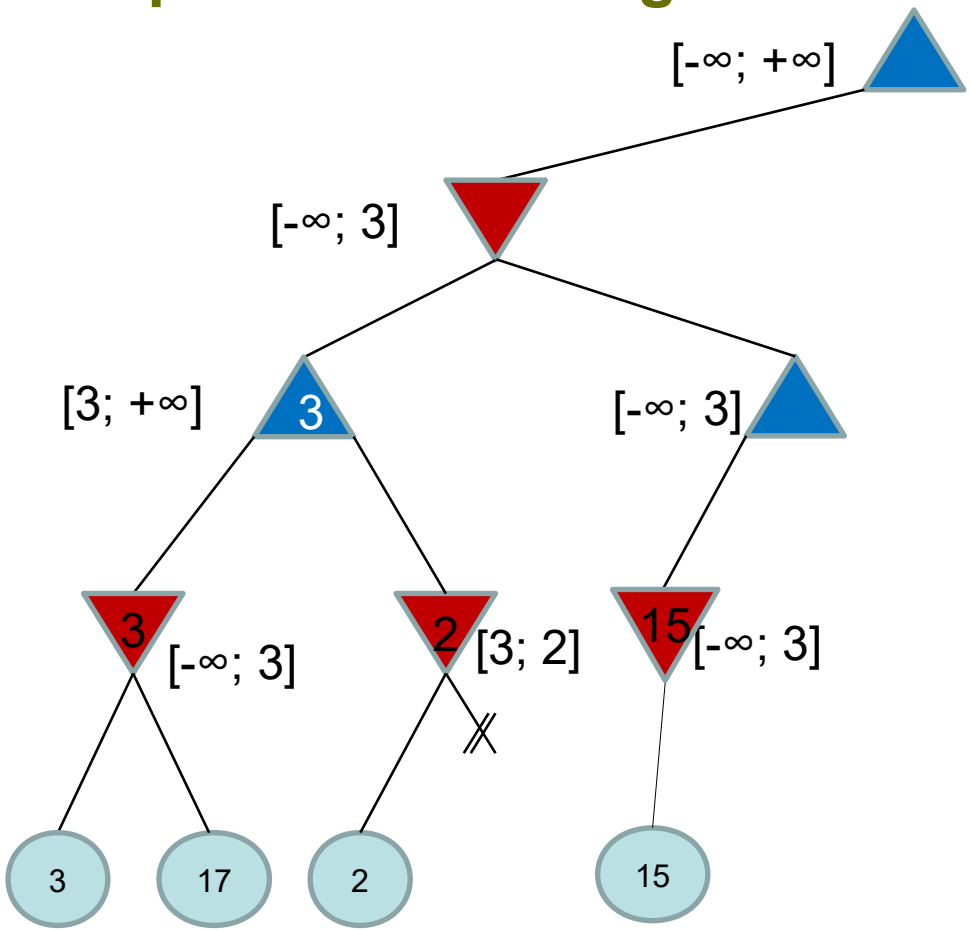


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

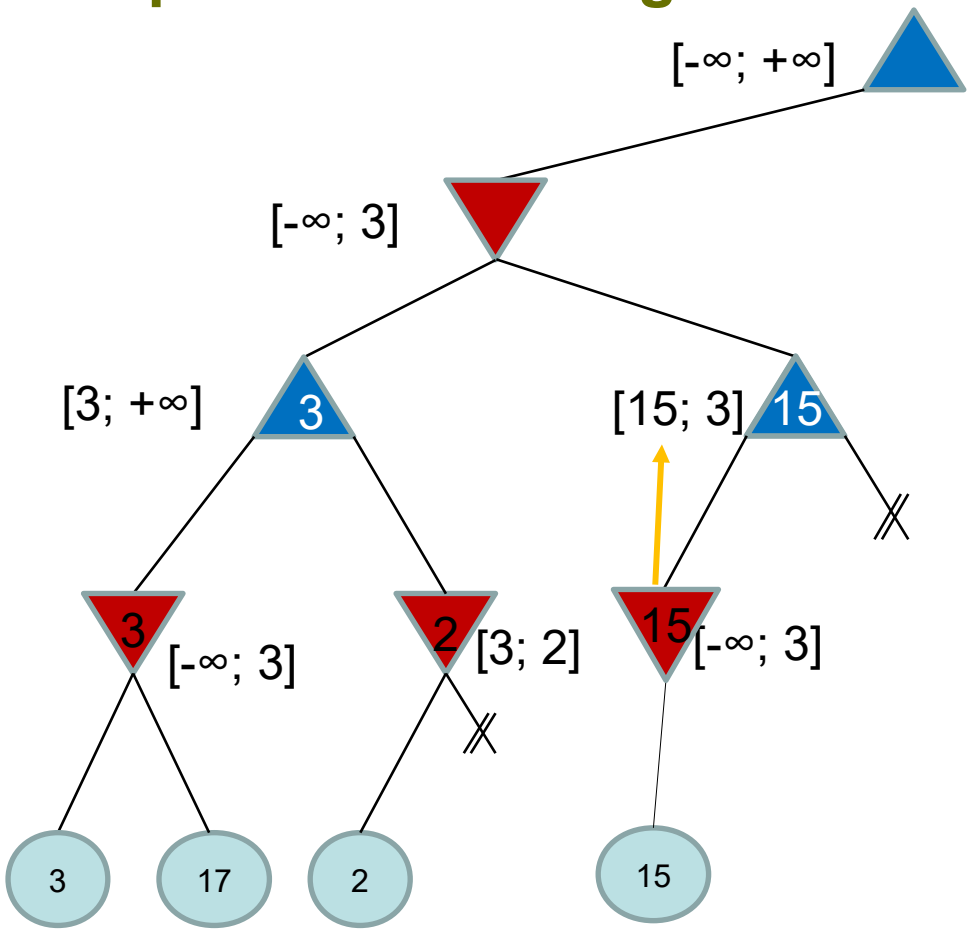


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

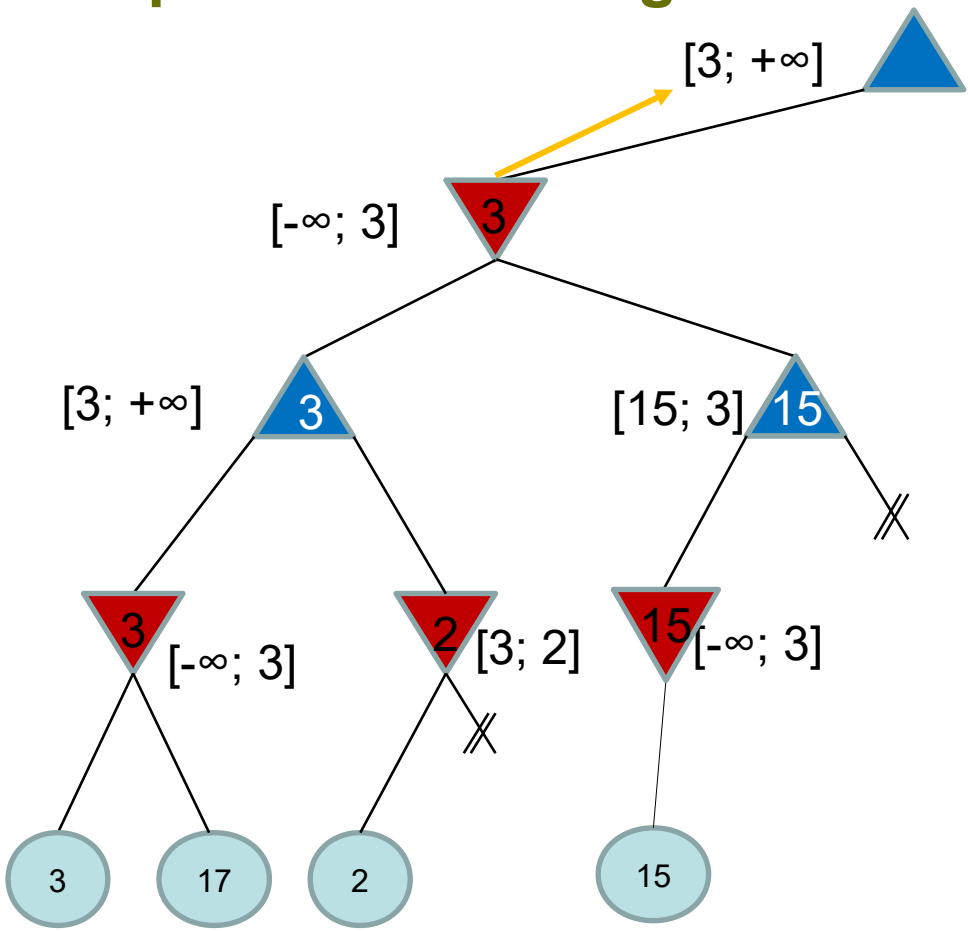


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

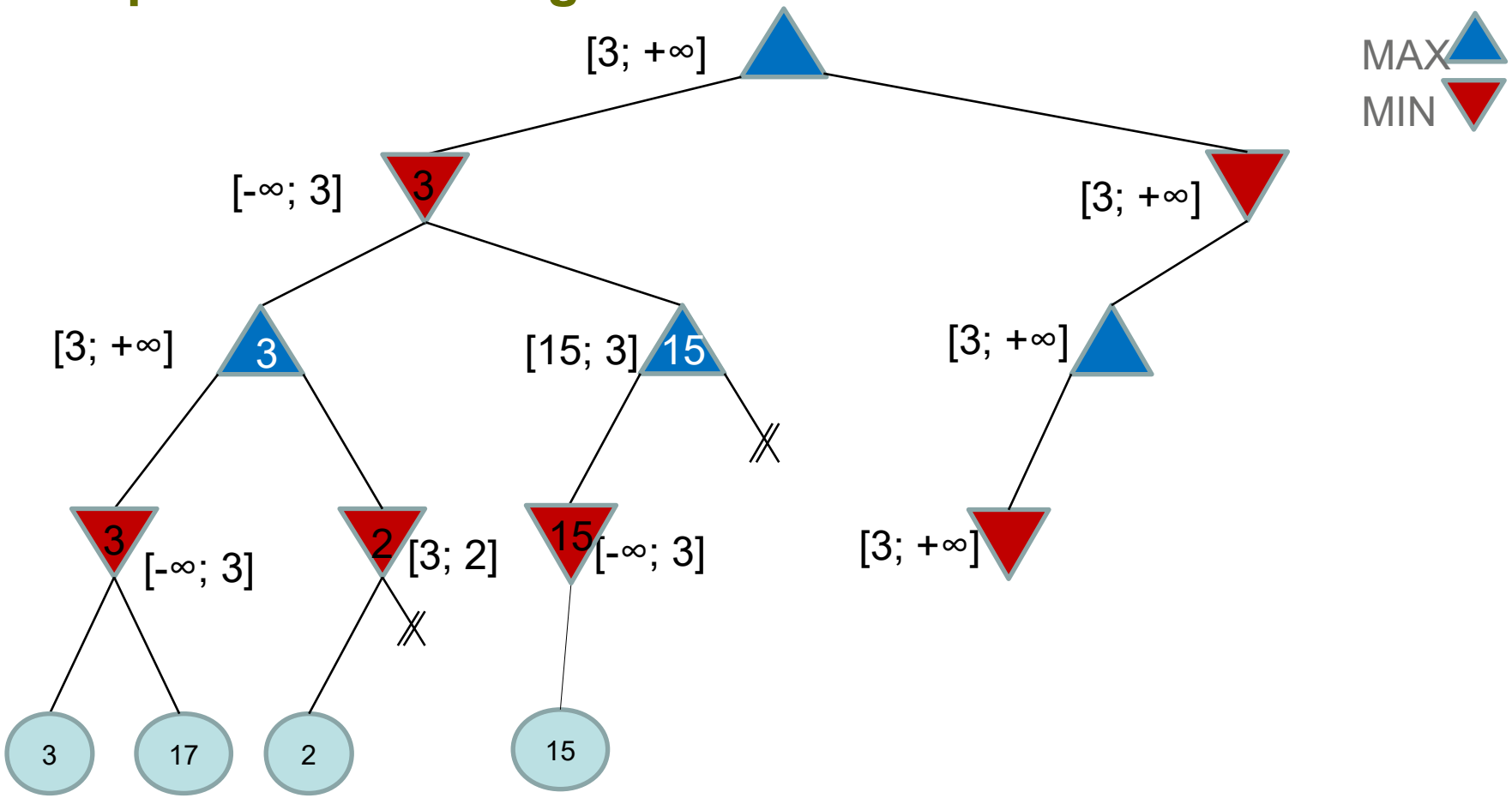


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

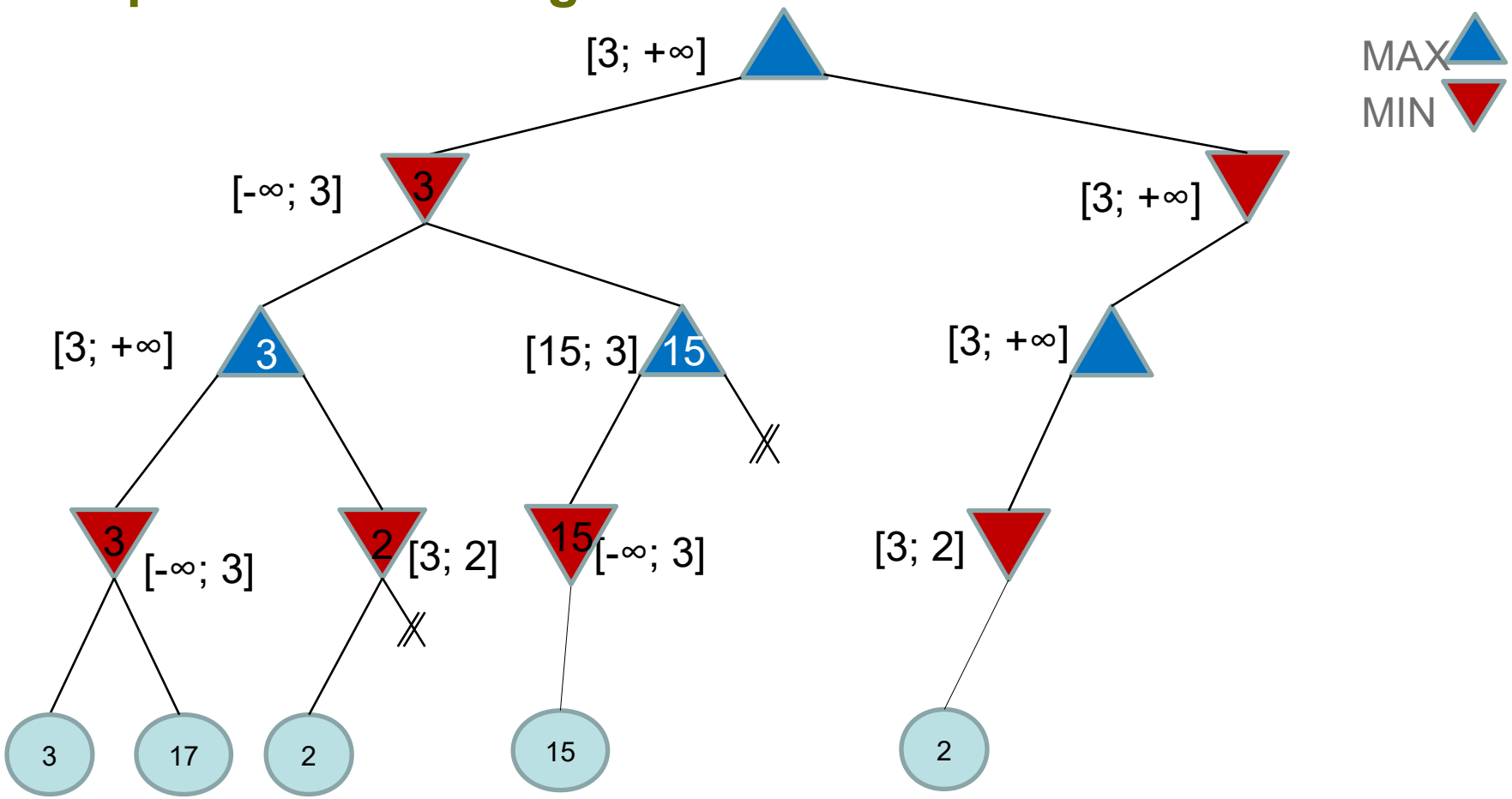


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

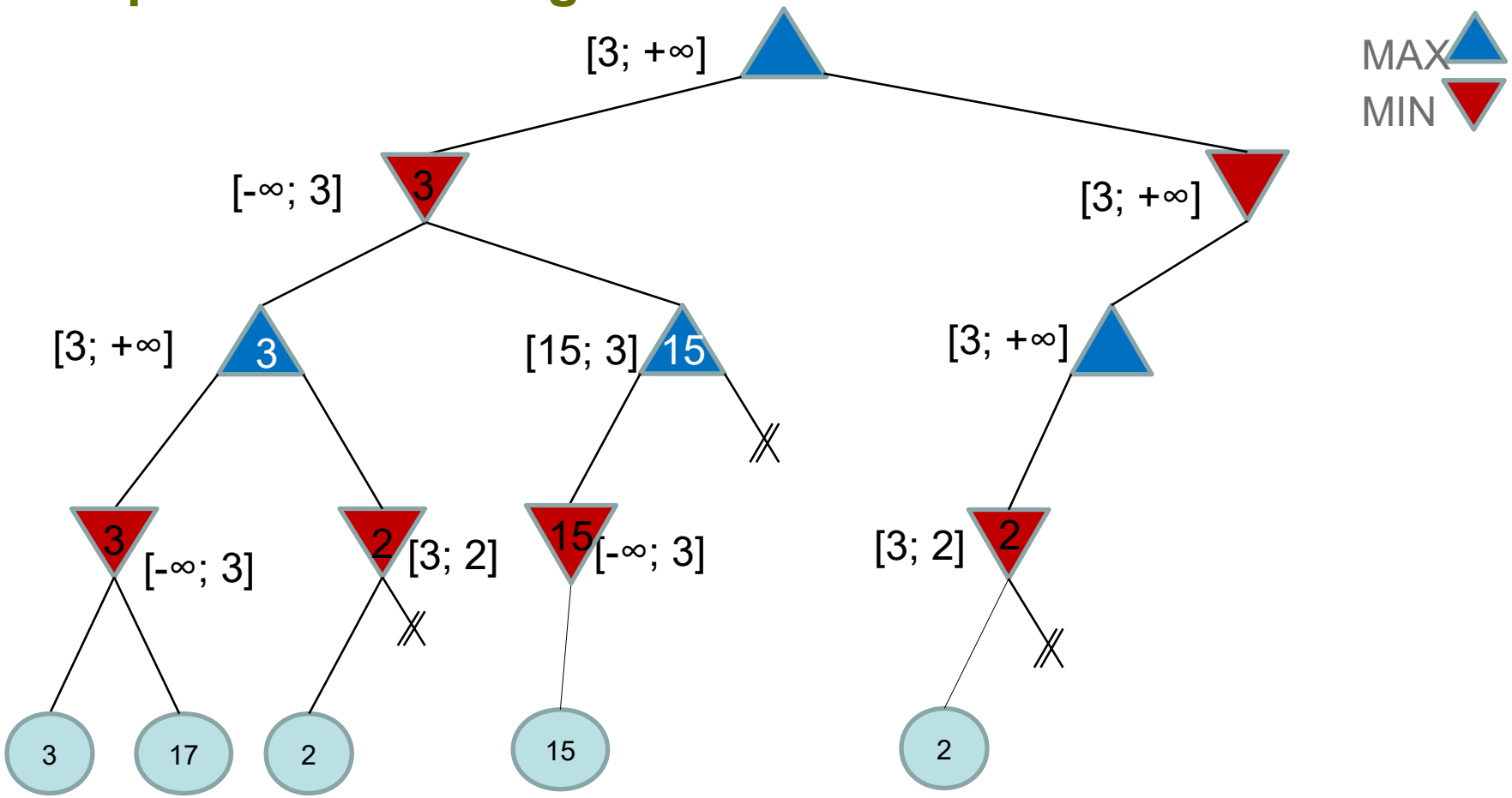


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

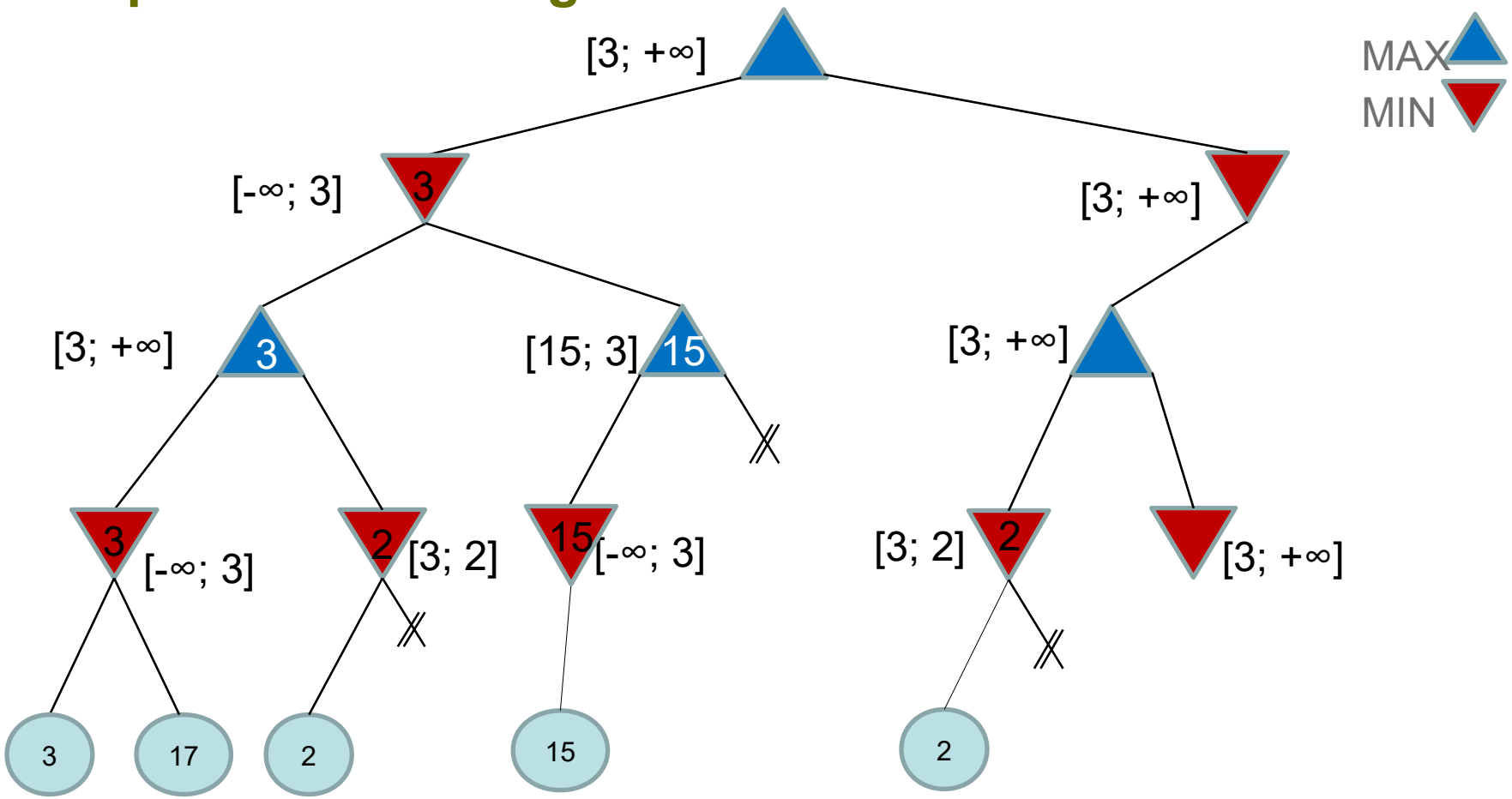


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

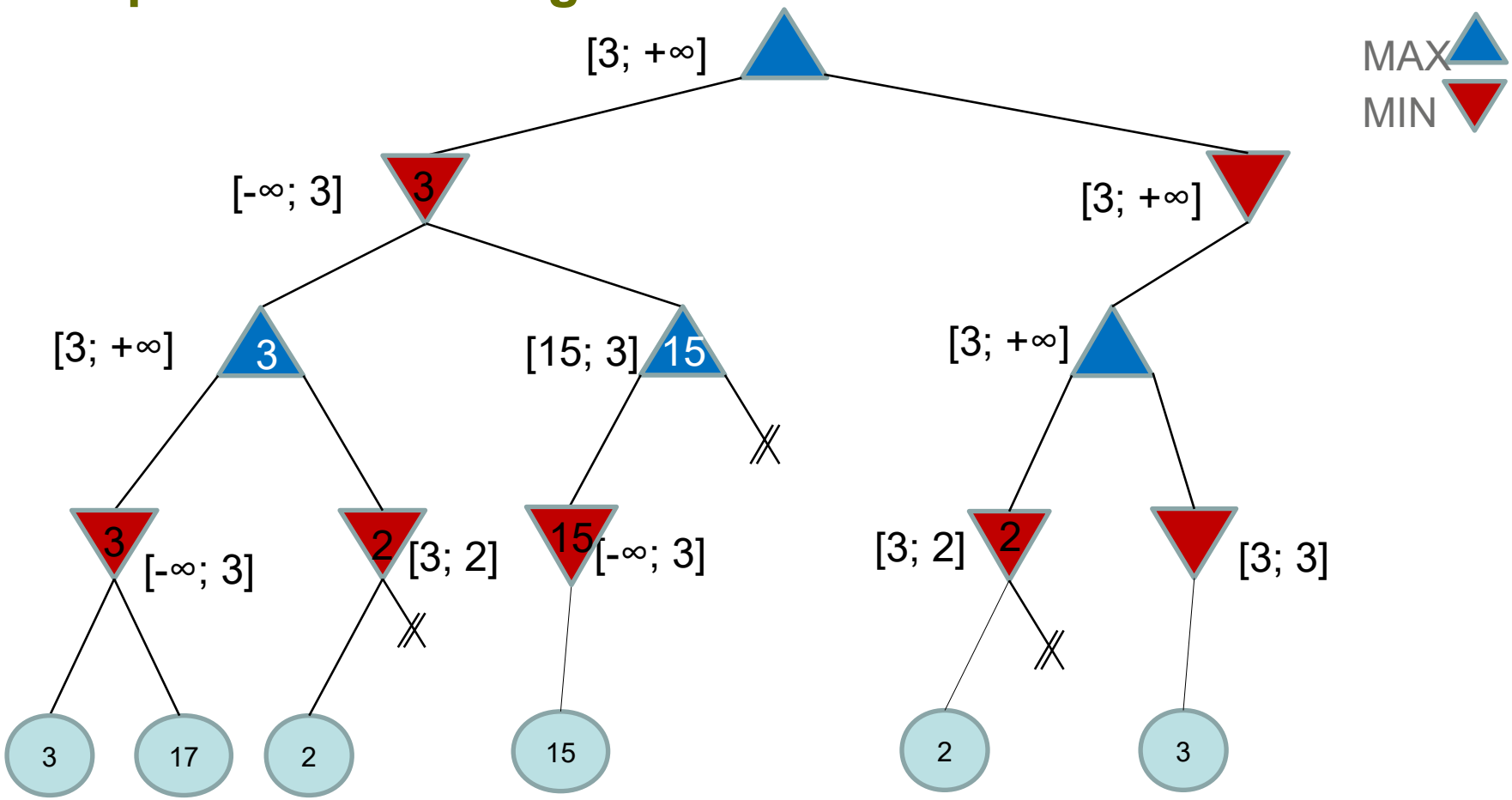


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

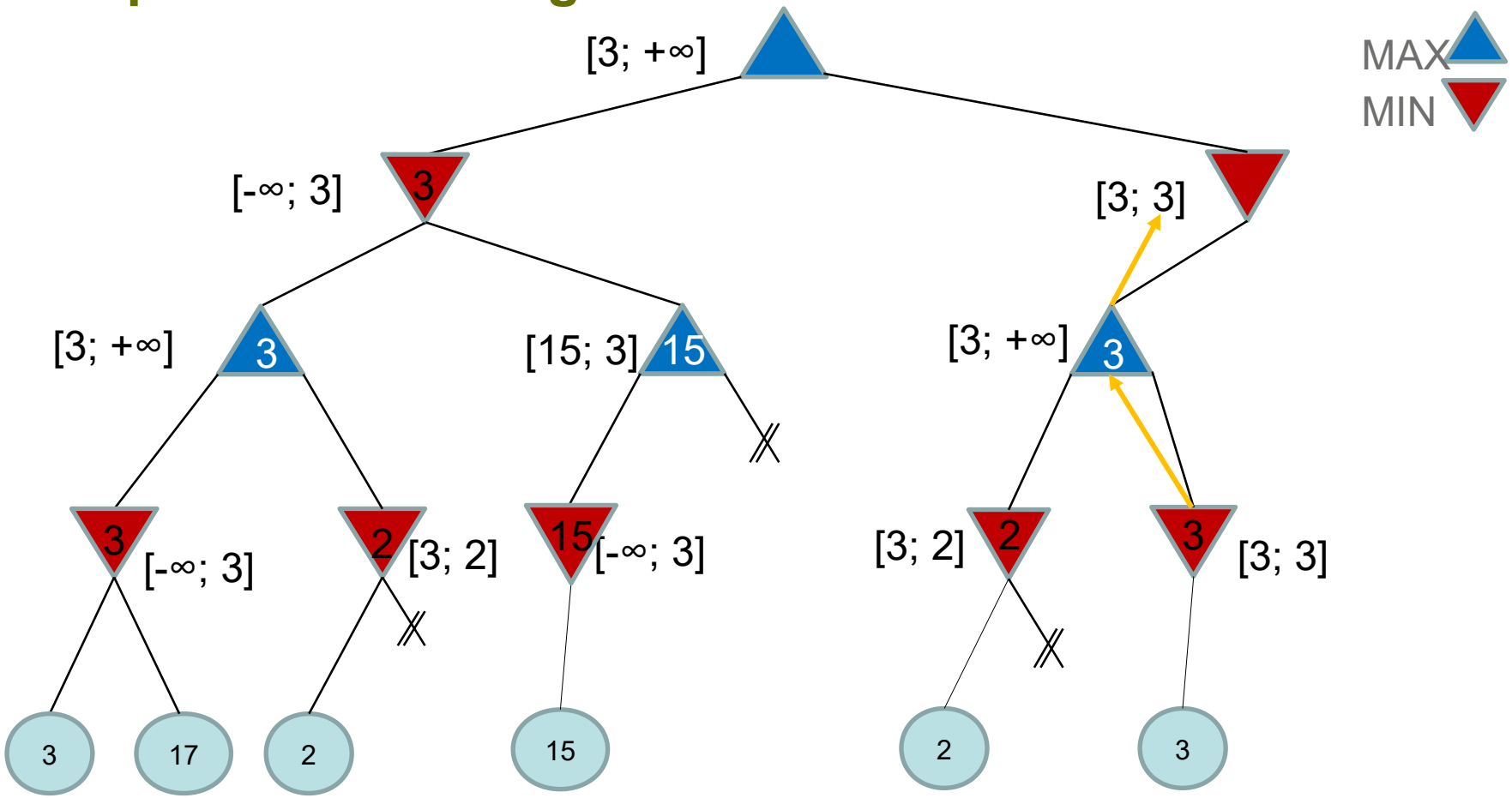


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

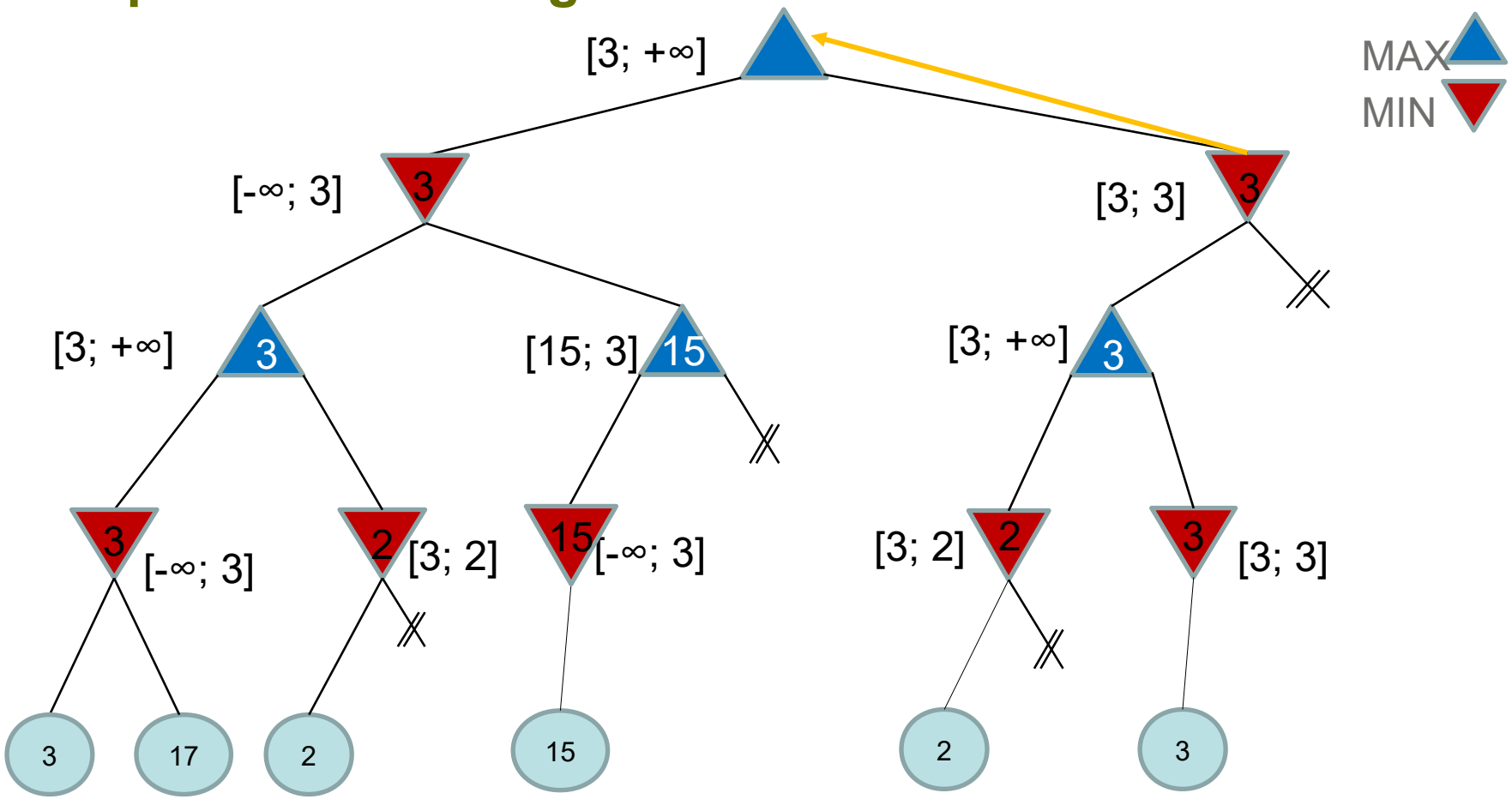


Abbildung aus Foliensatz EVC 2020 Prof. J. Schmidt, TH Rosenheim

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Alpha Beta Pruning

- Gleiche Lösung wie vollständiger Minimax
  - Findet die optimale Lösung
  - Kemplexität: immer noch exponentiell $O(b^m)$
- Aber:
  - Bei perfekter Sortierung der Knoten kann man damit in gleicher Zeit zweimal so tief suchen wie mit Minimax
  - Effektiver Verzweigungsfaktor: $\sqrt{b}$
- Perfekte Sortierung kann man nicht erreichen
- Einfache Heuristiken sind aber sehr effektiv
  - Basis: statische Bewertung der Knoten

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Statische Bewertung

- Voller Baum kann nicht durchsucht werden

- Idee (Claude Shannon 1950)
  Suche bis zu einer bestimmten Tiefe
  Verwende Schätzwert für Minimax

- Statische Bewertungsfunktion schätzt Werte von nicht terminalen Knoten
  Gemessen werden sollte: p(Gewinn)

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Statische Bewertung: Schach

- Bewertung des Materials:
  Zähle die Steine für jeden Spieler
  Jeder Stein erhält ein Gewicht, z.B.
  Dame = 10, Turm = 5, Springer/Läufer = 3, Bauer = 1
- Bewertung der Stellung
- Und weitere Merkmale...
- Bewertungsfunktion: gewichtete Summe aller Merkmale
  Deep Blue: ca. 6000 Merkmale
- Gewichte werden üblicherweise durch Lernverfahren automatisch trainiert
- Leistungsfähigkeit steht und fällt mit der Güte der Bewertungsfunktion

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Knotensortierung

- Statt von links nach rechts: verwende statische Bewertungsfunktion

- Expansion von Nachfolgern eines **MAX**-Knoten
  Absteigend nach Wert der statischen Bewertungsfunktion

- Expansion von Nachfolgern eines **MIN**-Knoten
  Aufsteigend nach Wert der statischen Bewertungsfunktion

Technische Hochschule Rosenheim

KI – Rundenbasierte Spiele
Ergebnis

- Verzweigungsgrad im Schach-Beispiel
  - Voller Minimax: 35
  - Alpha-Beta-Pruning: 6 (effektiv)
- Suchtiefe
  - Wenn man mit Verzweigungsgrad 35 4 Halbzüge vorausberechnen kann
    → Spielstärke Schachanfänger
  - Dann gehen wegen Grad 6 bereits 8 Halbzüge
    → Spielstärke Schachmeister