

Theoretische Grundlagen der Informatik II

Blatt 5

Markus Vieth, David Klopp, Christian Stricker

24. November 2015

Aufgabe 1

Beh: INDEPENDENT-SET \in NP:

Bew:

GUESS

Rate nicht-deterministisch eine Menge von Knoten der Größe k .

CHECK

```

vorhandene_kanten = []
FOR v IN V: // iteriert über alle Knoten
    FOR k IN v.getKanten(): // iteriert über alle Kanten eines Knotens
        FOR i IN vorhandene_kanten: // iteriert über alle Kanten des Arrays
            IF i == k:
                return Nein // zwei Knoten die zu einer Kante passen
        ELSE:
            vorhandene_kanten.add(k)
return Ja // jede Kante der Lösung ist nur einmal vertreten

```

Laufzeit:

GUESS:

Im worst-case, also für $k=n$ beträgt die Laufzeit n .

CHECK:

Falls alle Knoten untereinander verbunden sind, beträgt die Laufzeit zum Durchlaufen aller Kanten: $n \cdot \sum_{i=0}^{n-1} i$. Nach Gauß folgt daraus: $n \cdot \frac{(n^2-n)}{2}$.

Gesamt:

Die gesamt Laufzeit beträgt somit: $n \cdot \frac{(n^2-n)}{2} + n \in O(n^3)$
q.e.d.

Reduktion: CLIQUE \leq_p INDEPENDENT-SET

Vorgehen:

Verbinde alle Knoten untereinander, die durch keine Kante verbunden sind. Lösche alle ursprünglichen Kanten und wende nun das INDEPENDENT-SET Problem mit der Größe k an.

Formal:

Eingabe: Graph $G(V,E)$, ganze Zahl k

$E' := \{ \langle v, w \rangle \mid \forall v \neq w \text{ and } v, w \in V \} \setminus E$

$G' := G(V, E')$

INDEPENDENT-SET(G', k)

Laufzeit:

1. Bilde die Menge aller Kante $\Rightarrow \sum_{i=1}^n (n - i) = \sum_{i=0}^{n-1} i = \frac{n^2 - n}{2}$
 2. Entferne aus der Menge aller möglichen Kanten jene, die in E liegen. Iteriere hierzu über die Menge aller möglichen Kanten, so wie über E $\Rightarrow (\frac{n^2 - n}{2})^2$
- \Rightarrow Laufzeit: $O(n^4)$

Äquivalenzbeweis:

" \Rightarrow " Geg: CLIQUE

Alle Knoten in einer Clique sind untereinander verbunden. Durch die Komplementbildung der Kanten sind diese Knoten nun alle nicht mehr miteinander verbunden. Es ergibt sich somit ein Independent-Set.

" \Leftarrow " Geg: Independent-Set

Alle Knoten eines Independent-Set weisen untereinander keine Kanten auf. Nach der Bildung des Komplements sind alle Knoten untereinander verbunden. Es ergibt sich eine Clique.

q.e.d

Aufgabe 2

Annahme: $P \neq NP$, da SAT nur mit einem exponentiellen Aufwand gelöst werden kann und SAT in NP liegt.

Widerspruch: Um zu zeigen, dass $NP = P$ gilt, reicht es aus, ein Algorithmus zu finden, der ein NP-hartes Problem in P löst.

Der Gegenbeweis wäre, es gibt keinen einzigen Algorithmus, der ein NP-hartes Problem in P löst.

Daraus folgt, dass es längst nicht ausreicht, nur einen einzigen Algorithmus zu finden, für den gilt: $NP = P$.

Da wahrscheinlich bisher noch nicht alle Algorithmen gefunden wurden, kann man nicht für jeden Algorithmus zeigen, dass $NP \neq P$ gilt, womit die Annahme hinfällig ist.

Aufgabe 3

Vorüberlegung:

$$P = NP \Rightarrow SAT \in NP = P \Rightarrow SAT \in P$$

zu Zeigen:

Es existiert ein Algorithmus, welcher für eine erfüllbare aussagenlogische Formel Φ in polynomieller Zeit eine erfüllende Belegung ausgibt.

Beweis:

Sei die Laufzeit des polynomiellen SAT-Algorithmus = p

Sei $X := \{x_i | \forall x_i, \bar{x}_i \in \Phi\}$ die Liste aller Literale in Φ , $|X|$ ist im worst-case = n .

```

«««< HEAD if (SAT( $\Phi(X)$ )) { //Teste ob  $\Phi$  erfüllbar ist; (Laufzeit ist  $p$ )
  for(int i=0; i <  $|X|$ ; i++) { //Setze jedes  $x_i$  auf einen festen Wert, (im worst-case  $n$  Durchläufe)
    X[i]=0; //Teste ob  $\Phi$  erfüllbar, wenn  $x_i = 0$ 
    if(!(SAT( $\Phi(X)$ ))) { //Wenn nicht: (Laufzeit =  $p$ )
      X[i]=1; //, dann muss  $x_i$  gleich 1 sein
    } //Wenn SAT mit  $x_i = 0$  erfüllbar ist, bleibt  $x_i$  gleich 0
  } //Wenn dies für alle  $x_i$  erfolgreich durchgeführt wurde, besitzt X eine erfüllende Belegung
  String result ="";
  for (int i = 0; i <  $|X|$  ; i++)
    result = result+X[i]+" ";
  return result;
}
else
  return "nicht erfüllbar";

```

Die erste Überprüfung dauert p lange, die folgende Schleife hat im worst-case n Durchläufe und in jedem Durchlauf einen SAT-Aufruf mit der Laufzeit p , somit beträgt die Laufzeit $T(n) = p + p \cdot n \Rightarrow$ die Laufzeit des oben genannten Algorithmus ist selbst wieder polynomiell, da die Laufzeit höchstens ein Polynom vom Grad $\text{grad}(p) + 1$ ist. Das die Ausgabe ein legitimes Ergebnis ist, ist trivial und geht aus dem Algorithmus hervor.