Variabler, värden och typer

Viktigt att förstå på djupet:

– För programmering i många språk, t.ex. Java

– För kommande objektorientering!

Fråga – kommentera – avbryt!

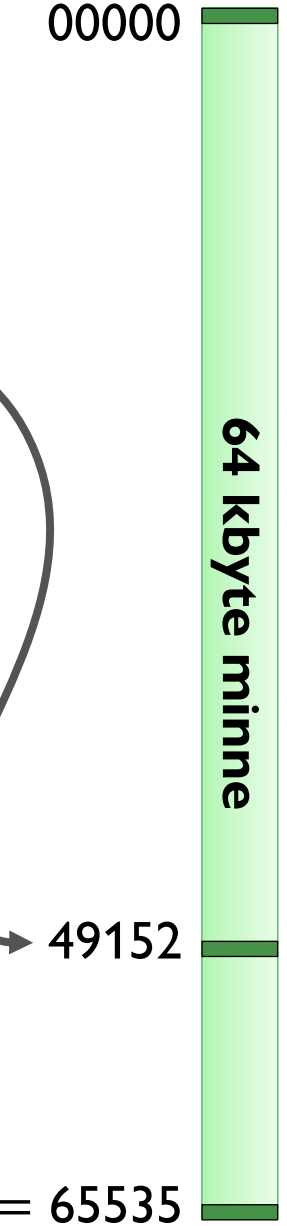
Vad är en variabel?

Dags att vara (över)tydlig…

Intro till variabler (1)

- Vad **är** en variabel?
  - **I begynnelsen fanns *minnet*…**
    - …som var fullt av *heltal*…
  - **…och *minnesadressen* (ett "index" för varje byte)**
    - **STA 49152** // **Lagra en byte** på adress 49152
      // Håll själv reda på att inget annat ska lagras där!
    - **LDA 49152** // **Läs in en byte** från adress 49152
      // Håll själv reda på hur denna byte ska tolkas
      // (Heltal? Bokstav? Index i lista av färger? …)
    - **JMP 8282** // **Hoppa** till nästa instruktion på adress 8282

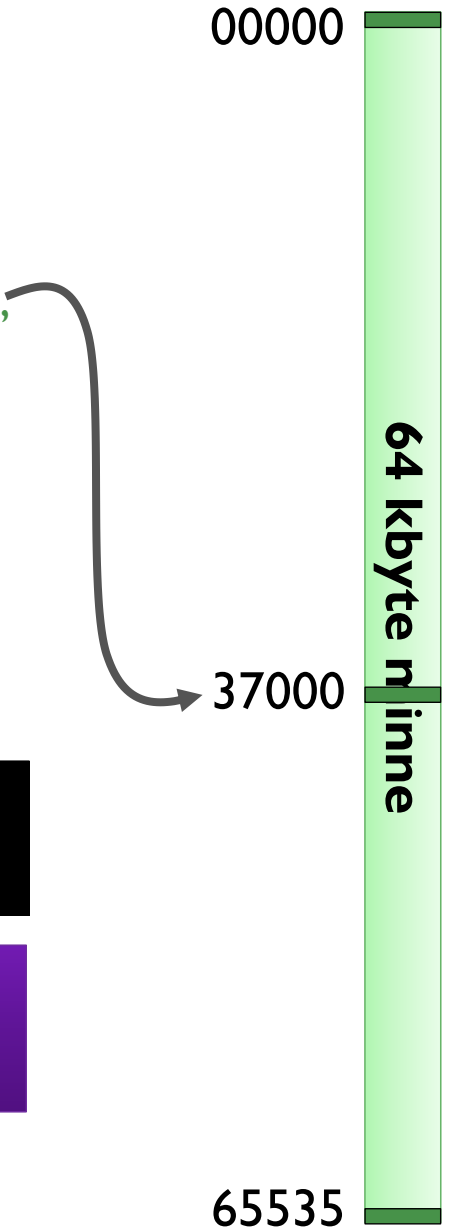
(På denna sida: 8-bitars 6502-assemblerkod)



Intro till variabler (2)

jonkv@ida

- **Sedan uppfanns *etiketten* (label)**
  - colornum: // **Översätts** till en adress, **kanske** 37000,
    .byte 03 // när man vet **var det finns plats**
  - STA *colornum* // **Lagra** på namngiven minnesadress
  - LDA *colornum*
  - JMP *colornum* // Hoppa till adress colornum…
    // **Oops**, undrar vad färgnumret betyder
    // när det tolkas som en *instruktion*!



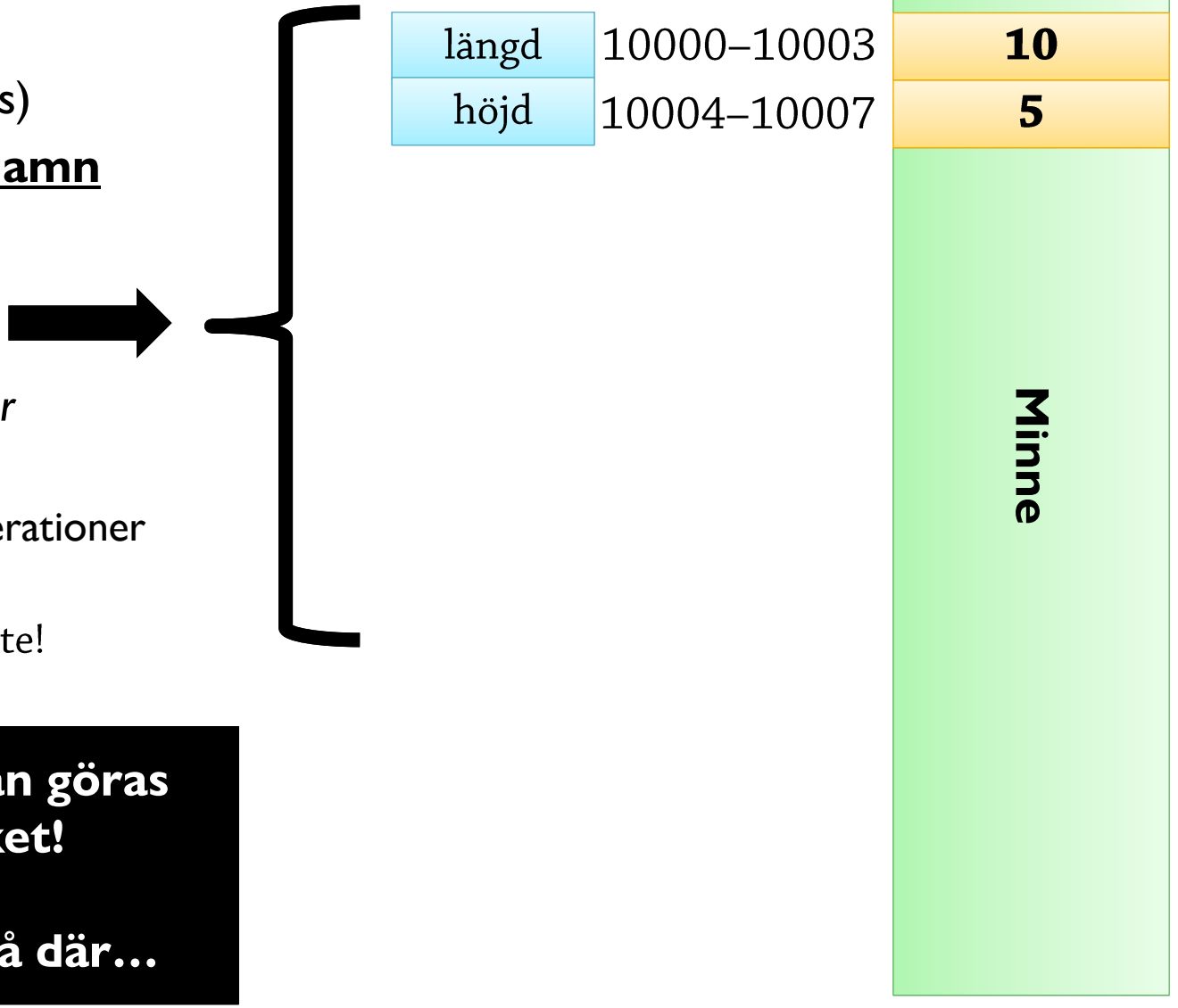
En första nivå av abstraktion!

Konkret adress, 37000 → **Abstrakt namn, colornum**

Intro till variabler (3)

jonkv@ida

- **Abstrahera** språket mer ➔ en **variabel**:
  - En **lagringsplats** (en eller flera bytes)
  - Ett **symboliskt namn** på lagringsplatsen
    - längd = 10
      höjd = 5
  - Skillnad på *variabler* och *funktioner*
    - Bara "vettiga" operationer är möjliga…
    - längd(); // Går inte!



Minnesadressen kan göras osynlig i språket!

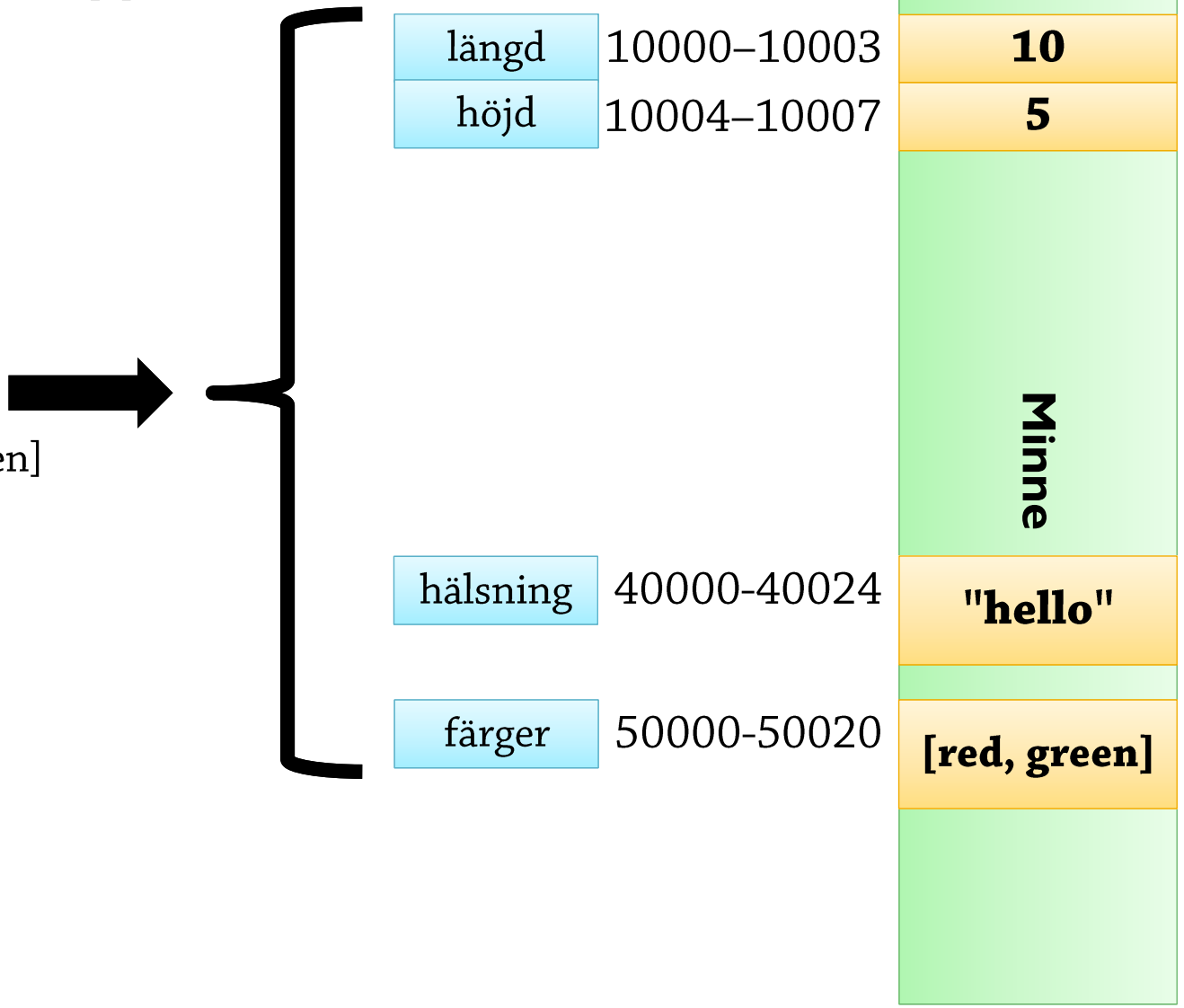
Men den *finns* ändå där…

Intro till variabler (4)

jonkv@ida

- Kan stödja fler **datatyper**:
  - Strängar
  - Listor
  - …

    - längd = 10
      höjd = 5
      hälsning = "hello"
      färger = [red, green]



Intro till variabler (5)

jonkv@ida

- Vi kan **skriva över** gamla värden…
  - längd = 10
    höjd = 5
    hälsning = "hello"
    färger = [red, green]

  - längd = 47
    # Samma *variabel*,
    # samma *lagringsplats*,
    # samma *minnesadress* (som vi oftast inte vet / bryr oss om!),
    # nytt *värde*…

längd	10000–10003
höjd	10004–10007
hälsning	40000-40024
färger	50000-50020

Variabler: Sammanfattning

jonkv@ida

- Så: En **variabel** används för att **lagra** ett värde, och består av:
  - En **lagringsplats** i minnet, där ett värde kan placeras
  - Ett **symboliskt namn** på lagringsplatsen, som används i koden

Python

```
längd     = 10
höjd      = 5
hälsning  = "hello"
färger    = [red, green]
```

Variabel = en "låda" för ett värde:
Värdet kan bytas ut (längd = 22),
men det är fortfarande samma variabel

Typer:
För värden och variabler

Värdetyper

jonkv@ida

- Varje **värde** har en **typ** – heltal, decimaltal, …
  - Vissa språk ***håller inte reda*** på typen

Assembler: *Ingen* typkontroll

```
// Lagra 32-bitars heltal (L = Long)
MOVE.L #10, längd
// Läs som om det vore 32-bitars flyttal
FMOVE.S längd, FP1
```

Värdetyp "sparas" inte, kontrolleras aldrig

Inget fel signaleras

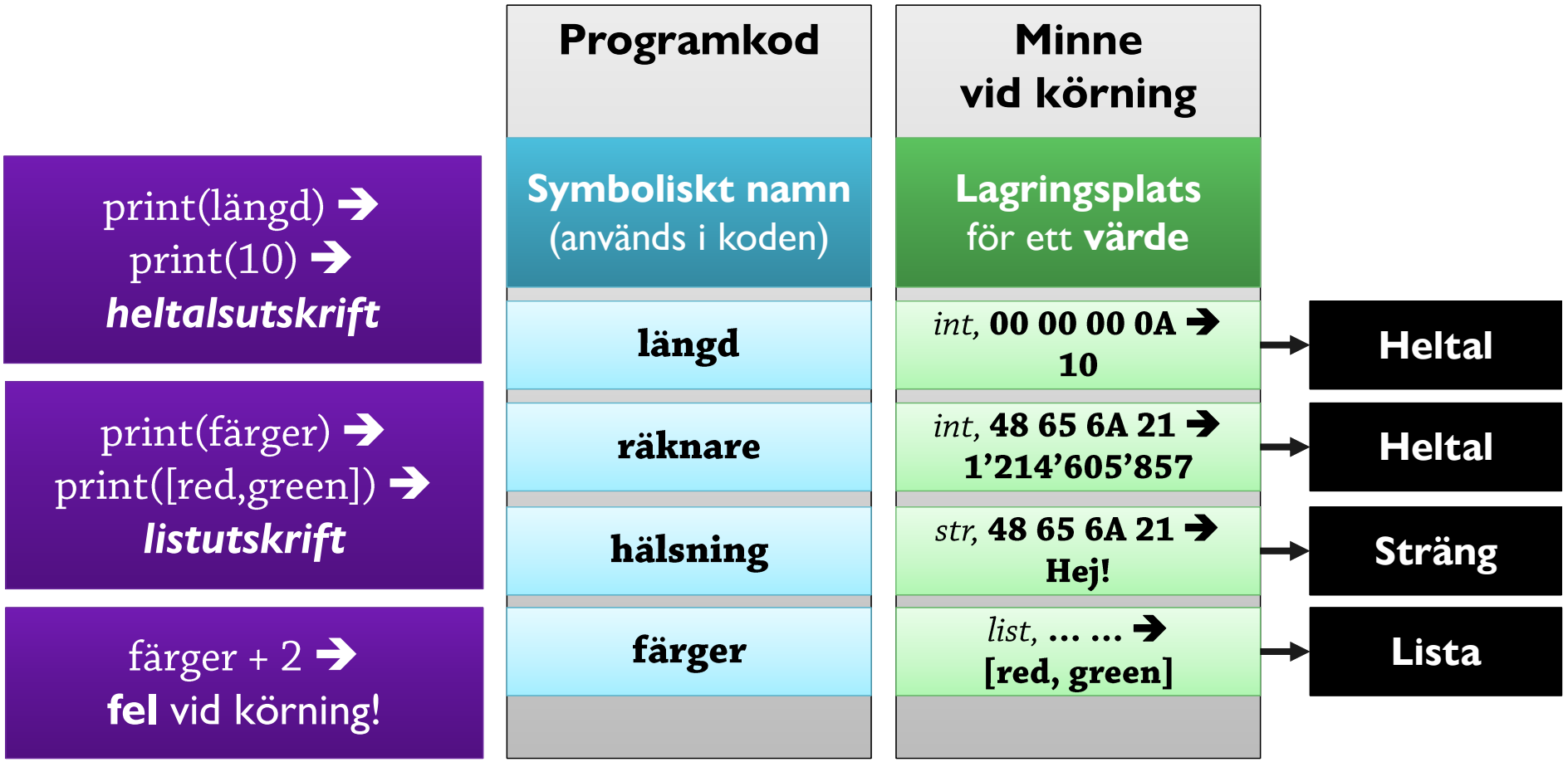
Resultat: "Skumma värden"

Exempel:

Lagra decimaltal 3.5 → 4 bytes, hex 40 60 00 00
Läs som heltal, 4 bytes, hex 40 60 00 00 → heltal 1'080'033'280

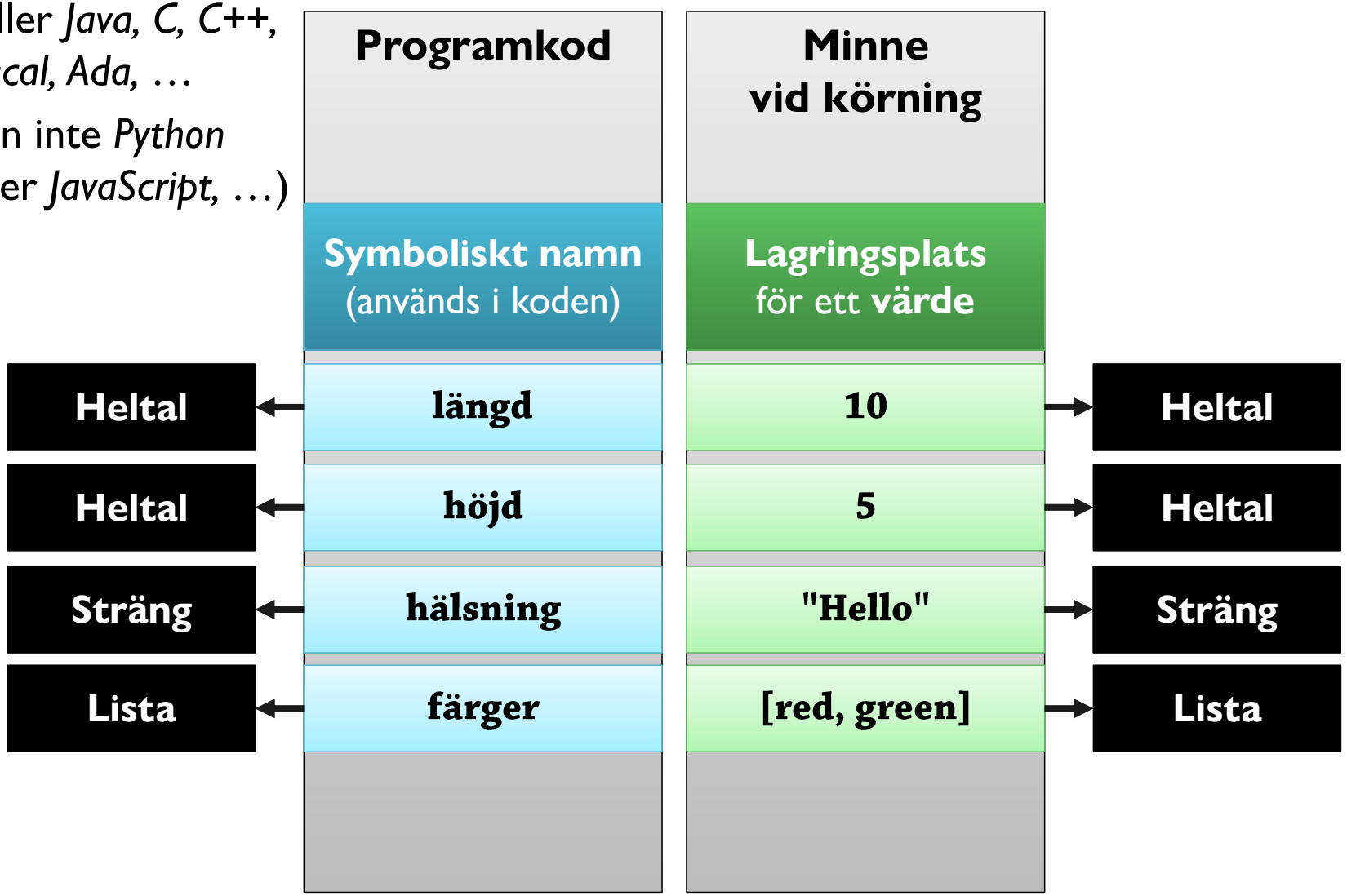
Värdetyper

- Men de flesta, även Python, **håller reda på** värdets typ
  - Annars skulle inte **isinstance()** fungera... Och mycket annat



Variabeltyper

- I många språk har även **variabeln** en **typ**
  - Gäller *Java, C, C++, Pascal, Ada, …*
  - Men inte *Python* (eller *JavaScript, …*)



Variabeltyper

latent typing
manifest typing

jonkv@ida

Java: *Manifest* typsystem (*variabeltyp* måste anges explicit i koden)

Python: *Latent* typsystem (bara *värdet* har en typ)

int längd = 10;
➔ längd är en *heltalsvariabel* som ***alltid*** innehåller ett heltal

längd = 10
➔ längd är en *vad-som-helst-variabel* som ***just nu*** innehåller ett heltal

Varför variabeltyper? Varför ange dem explicit?

När vet man värdetypen?

jonkv@ida

- **Latent** typsystem:

Python

```
def send(x):
    # Kommer x att vara heltal här?  Flyttal?  Sträng, lista, …?
    # Ingen aning förrän programmet körs – får kontrolleras dynamiskt
```

- **Manifest** typsystem:

Java

```
public void send(int x) {
    // Här är x ett heltal, och det vet vi vid kompilering – statiskt
}
```

Kompilatorn vet mer (kan optimera mer → effektivare)
Kodanalysen vet mer (kan tala om när vi gör fel)
Vi vet mer (typerna är *dokumentation*)

Men har inte Python type hinting?

jonkv@ida

- **Type hinting** i Python:

Python

```
def send(x: int):
    # Kommer x att vara heltal här?  Flyttal?  Sträng, lista, …?
    # Ingen aning förrän programmet körs – får kontrolleras dynamiskt
```

  - Kallas **hinting**, för det är inget **krav**
    - **Kan** skicka in vad som helst
    - Kan vara felaktiga ”hints”
    - Kan alltså inte optimera utifrån detta

Konsekvenser: Typkontroll

jonkv@ida

Python: *Dynamisk* typkontroll

```
def doSomething(x):
    y = x + 10
    …
```

Gäller även med type hinting: …(x: int)

Går det att addera?

Kolla värdetyp *vid körning*
Klarar inte ”+”: Signalera fel

```
>>> langd=10
>>> halsning="Hello"
>>> halsning+langd
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
TypeError: cannot concatenate 'str'
and 'int' objects
```

Java: *Statisk* typkontroll

```
void doSomething(int x) {
    int y = x + 10;
    …
}
```

Dessutom: Typdeklarationer är *dokumentation*!

Går det att addera?

Kolla variabeltyp vid *kompilering*
Klarar inte ”+”: Signalera fel

Tidigare upptäckt av problem
➔ effektivare programmering, färre krascher

Mindre typkontroll vid körning
➔ effektivare

dynamic type checking
static type checking

Konsekvenser: Val av operation

jonkv@ida

Python: *Dynamisk* typkontroll

```
def doSomething(x):
    y = x + 10;
```

Måste kolla *vid körning*:

x heltal?
Addera 10 direkt…

x flyttal?
Konvertera 10 till 10.0, addera

…

x annat?
Signalera fel!

Java: *Statisk* typkontroll

```
void doSomething(int x) {
    int y = x + 10;
    …
}
```

x är heltal!
Addera direkt

(Kompilera direkt till heltalsaddition i maskinkod!)

Konsekvenser: Minnesutrymme

jonkv@ida

Python: *Dynamisk* typkontroll

```
def doSomething(x):
    y = x + 10;
```

Hur kolla typen hos x:s värde?

Måste lagra typen med värdet

➔ delvis därför
kan ett heltal ta 24 bytes

Java: *Statisk* typkontroll

```
void doSomething(int x) {
    int y = x + 10;
    …
}
```

Hur kolla typen hos x:s värde?

Variabelns typ är int,
värdet måste ju ha *samma* typ…

➔ Ett heltal tar 4 bytes (int),
8 bytes (long)

Konsekvenser: För utvecklingsmiljöer

jonkv@ida

Bättre kodanalys – t.ex. för *komplettering* (ctrl-shift-space)

```
import java.util.Random;

public final class RandomInteger {

    public static void main(String[] args){
        log("Generating 10 random integers in range 0..99.");

        Random randomGenerator = new R
        for (int idx = 1; idx <=
            int randomInt = rand
            log("Generated : " +
        }

        log("Done.");
    }

    private static void log(String aMessage){
        System.out.println(aMessage);
    }
}
```

Random (java.util)
SecureRandom (java.security)

Mycket annat börjar på R, men bara dessa har *rätt typ*

http://jetbrains.dzone.com/articles/top-20-code-completions-in-intellij-idea

Brasklapp

- En brasklapp:
  - **Terminologin** för typsystem är **ofta otydlig och omtvistad**
  - Många termer brukar blandas ihop
    - **Statisk typning**
    - **Statisk typkontroll**
    - **Manifest typning**
    - **Stark typning**
    - …
  - **Det viktigaste är *begreppen* och deras *konsekvenser***

Även dynamisk typning (Python) har fördelar!

Mindre att skriva

Mer flexibilitet (”på eget ansvar”)

Mer Java:
Egenskaper hos primitiva datatyper

Primitiv: **grundläggande**, **odelbar**, …

Primitiva (grundläggande) typer i Java

jonkv@ida

Heltalstyper – lika på alla plattformar!

		minsta värde	största
byte	8 bitar	-128	127
short	16 bitar	-32768	32767
long	64 bitar	-9223372036854775808L	9223372036854775807L

Används sällan
Sparar minne i array

Vanligast!

"L" indikerar "långt heltal"

Två flyttalstyper – skiljer i *precision* och *storlek*

float	32 bitar	±3.40282347E-45	±3.40282347E+38

Övrigt

boolean	false, true
char	tecken (värden 0..65535)

Stora tal

jonkv@ida

```
public class JavaTest {
   public static void main(String[ ] args) {
      int massor =                    ;
      System.out.println("128k * 128k är: " + massor);
   }
}
```

Operationer på **heltal** kan ge overflow – "översvämning"!

- **Operander** av typ int: [-2147483648, 2147483647]
- ➔ Multiplikation av 32-bitarstal:
  - **0b**1000000000000000 * **0b**1000000000000000 =
    0b100
    32 bitar slutresultat
- ➔ 128k * 128k är: 0

Overflow

jonkv@ida

```
public class JavaTest {
   public static void main(String[ ] args) {
      int massor = [redacted];
      System.out.println("128k * 128k är: " + massor); // Skriver ut 0
   }
}
```

Varför overflow i Java, men inte Python?

- **Historiskt**…
  - "Så var det ju i C och C++"
- **Effektivitet**!
  - Java: 32-bitars multiplikation, *klar*. Använd **BigInteger** för väldigt stora tal.
  - Python: Testa storlek, allokera så mycket minne som behövs för resultat, …

Använd större datatyp

jonkv@ida

```
public class JavaTest {
   public static void main(String[ ] args) {
      [          ] massor = 131072 * 131072;
      System.out.println("128k * 128k är: " + massor);
   }
}
```

Beräkningar använder den **största** av **operandernas** typer

- 131072 är en *int* (inget "L")
  - **0b**10000000000000000 * **0b**10000000000000000 =
    0b100[   ]
    32 bitar slutresultat
- **Sedan** expanderas detta till 64 bitar
  - 128k * 128k är: 0

Korkat? Mer förutsägbart:
Resultat beror bara på
operandernas typer,
"bottom up"

Använd större datatyp (2)

jonkv@ida

```
public class JavaTest {
   public static void main(String[ ] args) {
      long massor =                    ;
      System.out.println("128k * 128k är: " + massor);
   }
}
```

Beräkningar använder den <u>största</u> av <u>operandernas</u> typer

- Största operanden är <u>long</u>
  - Expandera den andra "131072" till long
  - Utför 64-bitars multiplikation
  - 128k * 128k is: 17179869184 (2^{34})

Expandering
tappar aldrig information
➔ sker automatiskt!

"Farliga" typkonverteringar

jonkv@ida

```
public class JavaTest {
   public static void main(String[ ] args) {
      [          ] sqrtPi = [                    ];
      System.out.println("Sqrt(π) är: " + sqrtPi);
   }
}
```

Konstanter och funktioner i Math-klassen

Kompileringsfel! Math.sqrt returnerar en *double*

- Att konvertera *double* till *int* kan tappa information – "farligt"
- Måste uttryckligen **be om** konvertering!

Typkonvertering: Casting

jonkv@ida

```
public class JavaTest {
   public static void main(String[ ] args) {
      int sqrtPi = (int) Math.sqrt(Math.PI);
      System.out.println("Sqrt(π) är: " + sqrtPi);
   }
}
```

Konvertera med en *cast*

Beräkning, sedan trunkering (avhuggning)

- Beräknar värdet: 1,772453850905516027298167483341 1
- (int) *trunkerar* detta till: 1
- Mer:
  - `int i = (int) 271828.1828;` // OK — i = 271828 (trunkerat)
    `short s = (short) 271828;` // OK — s = 9684 (lägsta 16 bitarna)
    - 0b100

Utan casting

jonkv@ida

```
public class JavaTest {
   public static void main(String[ ] args) {
      [          ] sqrtPi = Math.sqrt(Math.PI);
      System.out.println("Sqrt(π) är: " + sqrtPi);
   }
}
```

Byt variabeltyp…

Beräkningar

- Beräknar värdet: 1,772453850905516027298167483341 1
- Skriver ut det

Vad är sant / falskt?

jonkv@ida

Python: Auto-konvertering

Falska värden:
False, None, 0, 0.0, ‘’, (), [], {}, …
Sanna värden:
Allt annat

```
längd = 10
if längd:  # Om inte 0, (), False, …
   print(längd)
```

Ofta bekvämt
Kan leda till misstag

Java: Bara boolean-värden

Falska värden:	**false**
Sanna värden:	**true**
Allt annat:	**inte sanningsvärde!**
Operationer:	**! && || (och fler)**

```
int längd = 10;
if (längd) … // Fel!
if (längd != 0) {
   System.out.println(längd);
}
```

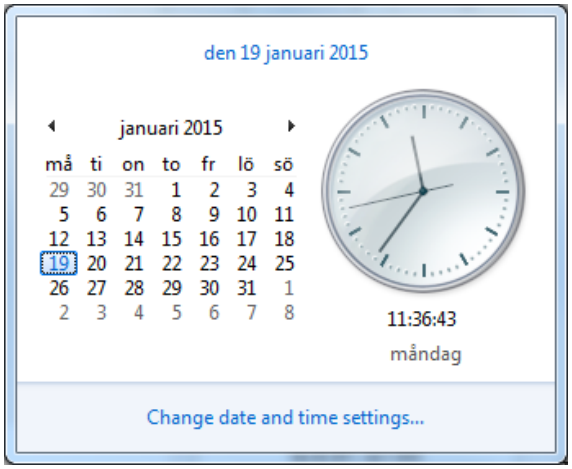
Mer att skriva
Ibland tydligare
Kan förhindra misstag

Våra första egna typer:
Uppräkningstyper

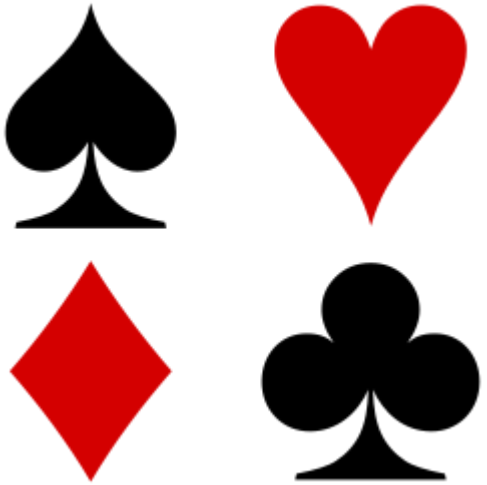
Bakgrund

jonkv@ida

- Vissa typer ska bara ha några få **fördefinierade värden**
  - **Day**: Monday, Tuesday, …, Sunday



  - **Suit**: Clubs, Diamonds, Hearts, Spades



Emulering

jonkv@ida

- Kan **emuleras** på många sätt, t.ex. med **heltalskonstanter**
  - **final** int MONDAY = 0, TUESDAY = 1, …, SUNDAY = 6;
  - **public** void setDayOfWeek(int day) { … }

final: Ändra inte värdet

- Inte typsäkert!
  - setDayOfWeek(42);

    // Accepteras av kompilatorn…
    // Men vi vill ha *tidiga varningar*!
  - final int BOLD = 2;
    setFont("Times", 14, BOLD);
    setFont("Times", BOLD, 14);

    // Vilken betyder 14 punkter fetstil?
    // Vilken betyder 2 pt blinkande?

- Stödjer nonsensoperationer
  - int blah = TUESDAY * SUNDAY + WEDNESDAY

- Efter kompilering finns bara heltalen kvar – svårare att tolka
  - Ska 4 betyda torsdag eller fredag? Eller grönt, spader, giraff…?

Uppräkningstyper

jonkv@ida

- Java har stöd för uppräkningstyper (**enumerated types**)
  - Man *räknar upp* vilka värden som finns

```
public enum Day {
   MONDAY,
   TUESDAY,
   ...,
   SUNDAY
}
```

Sju *enum-konstanter*, namn i ALL_CAPS

Inga nonsens-operationer tillgängliga

enum-konstant = enum constant

Uppräkningstyper: Typsäkerhet

jonkv@ida

- Distinkt typ (inte *int*) ➔ typsäkerhet

```
public void setDayOfWeek(Day day) {
    …
}
setDayOfWeek(Day.TUESDAY);
```

```
System.out.println(Day.THURSDAY);
```

Håller reda på namn:
Skriver ut "THURSDAY", inte 4

Uppräkningstyper: Hitta existerande värden

jonkv@ida

- Vi kan få ut ett värde med *givet namn* och en *lista på alla värden*

```
String dayname = getInputFromUserOrFile();  // "TUESDAY"
Day d = Day.valueOf(dayname);
```

```
for (Day d : Day.values()) {   // Iterera över array (förklaras senare)
    System.out.println("En av dagarna är " + d);
}
```

Jämförelse

jonkv@ida

Sämsta lösningen: Konstanter utan namn

```
if (state == 4) {
   if (player.hitWall()) state = 1;
   else ...;
}
```

Gammal lösning: Namngivna heltal

```
final static int STATE_STANDING = 1;
final static int STATE_RUNNING = 4;
if (state == STATE_RUNNING) {
   if (player.hitWall()) state = STATE_STANDING;
```

Bäst, vid fixerade värden: Uppräkningsbar typ

```
enum State { RUNNING, STANDING }
if (state == State.RUNNING) {
   if (player.hitWall()) state = State.STANDING;
   ...
```

Arrayer

Javas arrayer: Som listor, men på lägre nivå
Begränsad funktionalitet, fixerad storlek

```
Circle[] circles;
int[] numbers;
```

För varje typ T
finns en arraytyp T[]

```
Circle[] circles = new Circle[10];
int[] numbers = new int[rnd()];
```

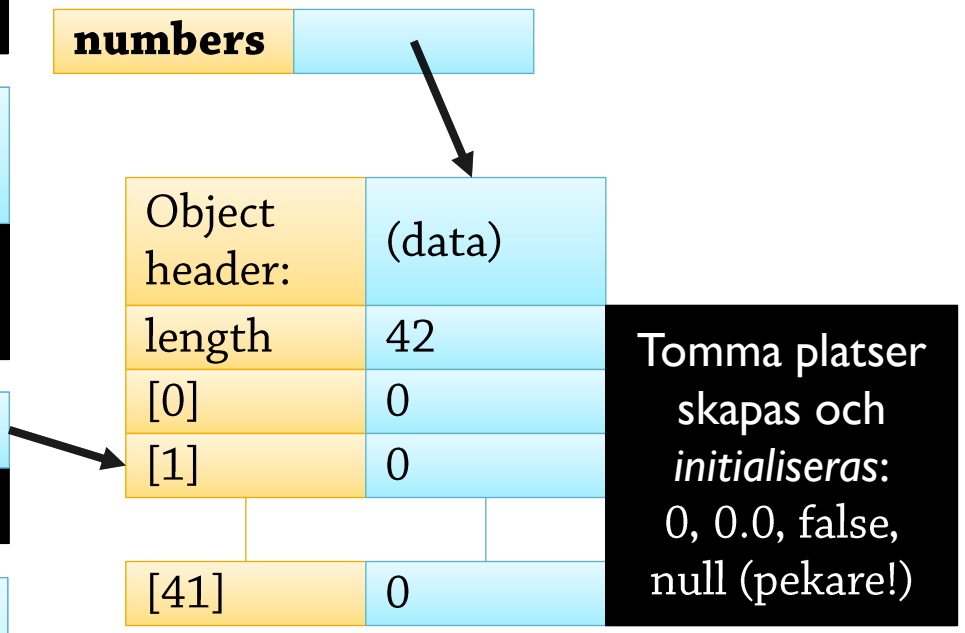
Arrayer skapas med **new**
Storleken sätts när de skapas, ändras aldrig

```
int second = numbers[1];
```

Indexering börjar på 0. Ingen slicing, n[1:5]!

```
for (int i = 0; i < numbers.length; i++) {
   System.out.println(numbers[i]);
}
```

Index: 0…arr.length-1




```
int val = numbers[42000];
```

Indexkontroll: Ger
ArrayIndexOutOfBoundsException

Arrayer

- Arrayer: Begränsad funktionalitet
  - Används mest för att **implementera andra datatyper**
  - Användarkod använder oftare **listor**, som **ArrayList<Circle>** -- senare!

- Lite biblioteksfunktioner:
  - https://docs.oracle.com/en/java/javase/17/docs/api/java.base/java/util/Arrays.html
  - Jämförelser, sökning, sortering, …

Sammansatta datatyper:
Poster / records / struct / ...

Generellt – inte Java

Sammansatta datatyper: Motivering

jonkv@ida

- Vi vill lagra information om **bilar**
  - **Många egenskaper** för varje bil
    - *Längd – flyttal*
    - *Höjd – flyttal*
    - *Toppfart – heltal*
    - *Färgkod – heltal*
  - Ska ses som **en enhet**
    - En funktion ska ta *en bil* som *en parameter*, inte 4:
      `void addToDatabase(Car c) { … }`
    - Behöver **sammansatta** datatyper,
      som NamedTuple i Python

sammansatta datatyper =
composite datatypes

Sammansatta datatyper

jonkv@ida

- Försök 1: Använd **generella** sammansatta datatyper
  - Exempel från tidigare år i Python-kursen: **Listor till allt**

```
def skapa_bil(längd, höjd, toppfart, färg):
    return ["bil", längd, höjd, toppfart, färg]
minbil = skapa_bil(...)
```

  - Problem:
    - Ingen riktig typ: Datatypen är inte **bil** utan **lista** – "*lista av vad som helst*"
    - Måste själv implementera typkontroller, mm.
    - ”Delarna” har inga namn:
      minbil[3] = 200; # Använd index 3 för att hitta toppfarten

Sammansatta datatyper (2)

jonkv@ida

- Försök 2: **Använd en mappning / dictionary**

```
def skapa_bil(längd, höjd, toppfart, färg):
   return {  ”type”: ”bil”,
             ”length”: längd, ”height”: höjd,
             ”topSpeed”: toppfart, ”color”: färg }

minbil = skapa_bil(…)
minbil[”topSpeed”] = 200 # Ändra toppfart
```

  - **Ger namngivna värden, men:**
    - Ingen egen typ (allt är ett dictionary)
    - Ingen standard för **vilka data** som finns om **alla bilar**

Sammansatta datatyper (3)

jonkv@ida

- Försök 3: **Skapa nya typer med fält**, som NamedTuple i Python
  - Pascal: **Poster (records)**

```
Type bil = Record
    längd, höjd, toppfart: Real;
    färg: Color;
End;
```

Posten har namngivna medlemmar (fält)

Detta är ”ritningen” för typen

```
Var minbil : bil;
```

Kan *deklarera* en variabel av typ *bil*, inte av typ *lista*
Tillåter *statisk typkontroll*

```
minbil.toppfart := 200
```

Egenskapers värden tas fram via *namn*, inte via *index*

post = record
medlem = member
fält = field

Sammansatta datatyper (4)

jonkv@ida

- Fler exempel på **sammansatta datatyper**
  - Vanliga, "fundamentala" typer
    - String
  - Generella behållare
    - List, Queue, Stack
  - Specialiserade typer för I/O, GUI, databaser, …
    - InputStream, Window, Connection, …
  - Och typer specifika för ett visst program
    - Driver, Car, Wheel
    - Shape, Rectangle, Circle
    - Customer, BankAccount, Transaction
    - Literal, Conjunction, Disjunction, Quantifier

Datatyper som begrepp i programspråk

jonkv@ida

Viktigt: Skapar nya meningsfulla begrepp!

- Vi **samlar ihop** information – och ger den också ett **namn**
  - ➔ Skapar nya ord i språket (Customer, BankAccount);
    sitter inte fast i språkets egna begrepp (lista, dict, …)
  - ➔ Vi kan lättare ***skriva*** kod, ***förstå*** existerande kod:
    Begreppen kan anpassas mer till ***hur vi tänker***
    (”en kund”, inte ”en lista med dessa 17 kundrelaterade värden”)

- **Söndra och härska** (divide and conquer)!
  - Dela upp programmeringen i **delar av lämplig storlek**
  - Se till att varje enskild del kan **förstås i detalj**

I Java används klasser… Dags för objektorientering!