



# Anleitung zum Erstellen von Bestimmungsschlüsseln

Stefan Eggenberg, Patrick Kuss

Version Januar 2023

## Welche Schlüsselform ist zu erstellen?

In der Feldbotanik sind Bestimmungsschlüssel ein wichtiges Hilfsmittel bei der Identifikation verschiedener Taxa wie Pflanzenfamilie, Gattung, Art, Unterart. In den Zertifikatsprüfungen kann gefordert werden, dass zu einer vorgegebenen Anzahl von Taxa ein Bestimmungsschlüssel erstellt werden soll. Wenn nichts weiter angegeben wird, darf der Schlüssel grafisch oder in Zeilenform, als künstlicher oder natürlicher Schlüssel dargestellt werden. Im Folgenden werden die verschiedenen Schlüsselformen vorgestellt. Es ist ratsam, die verschiedenen Schlüsseltechniken zu kennen, denn in der Prüfungsaufgabe werden oft Bedingungen zur Form des Schlüssels verlangt.

## Botanische Schlüssel sind fast stets dichotome Schlüssel

Üblicherweise enthält ein Bestimmungsschlüssel eine Abfolge von Fragen (bzw. Aufzählung von Merkmalen) und Gegenfragen (bzw. Aufzählung von gegenläufigen Merkmalen). Das Vorgehen der in der Botanik verwendeten Schlüsseltechnik wird am einfachsten über ein einfaches Beispiel erläutert (Abb 1 ff).

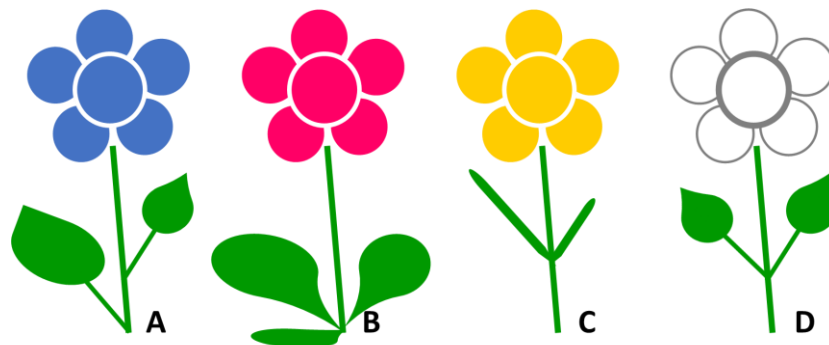


Abb. 1: Vier fiktive Pflanzen, deren Bestimmung an verschiedenen Schlüsselbeispielen im Text dargestellt wird.

Um eine Pflanze aus der Gruppe A-D zu identifizieren, wird in unserem Beispiel die Frage nach der Blütenfarbe gestellt. Bei botanischen Schlüsseln wird nicht gefragt: «welche Farbe hat die Blüte?», sondern es werden die mögliche Blütenfarben nacheinander abgefragt, so dass die Antwort immer aus ja oder nein besteht: «Die Blütenfarbe ist blau» (ja/nein), Die Blütenfarbe ist rot (ja/nein), Die Blütenfarbe ist gelb (ja/nein) usw. Damit erinnert die Fragetechnik an ein Flussdiagramm und kann auch so dargestellt werden:

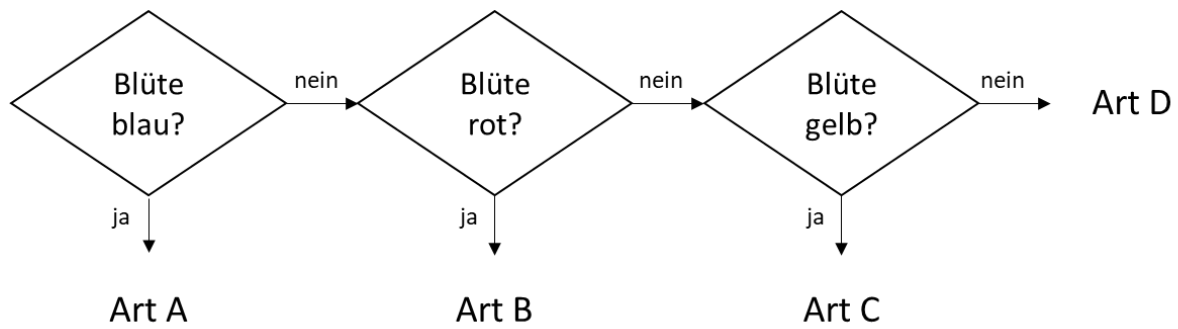


Abb. 2: Bestimmung der Pflanzen aus Abb. 1 in einem linearen Flussdiagramm.

Die als Flussdiagramm darstellbare Frageform wird auch *dichotom* genannt, weil die Fragen stets so formuliert sind, dass sie mit ja oder nein beantwortet werden können, sich also gewissermassen in zwei Äste (Dichotomie) aufteilen. Wir halten fest: Botanische Bestimmungsschlüssel sind so aufgebaut, dass sie sich als Flussdiagramm darstellen lassen und werden daher auch *dichotome Bestimmungsschlüssel* genannt. Bei grafisch dargestellten dichotomen Bestimmungsschlüsseln wird meist das Fragezeichen und der Rahmen der Box weggelassen und die dichotome Verzweigung wird durch sich verzweigende Äste dargestellt:

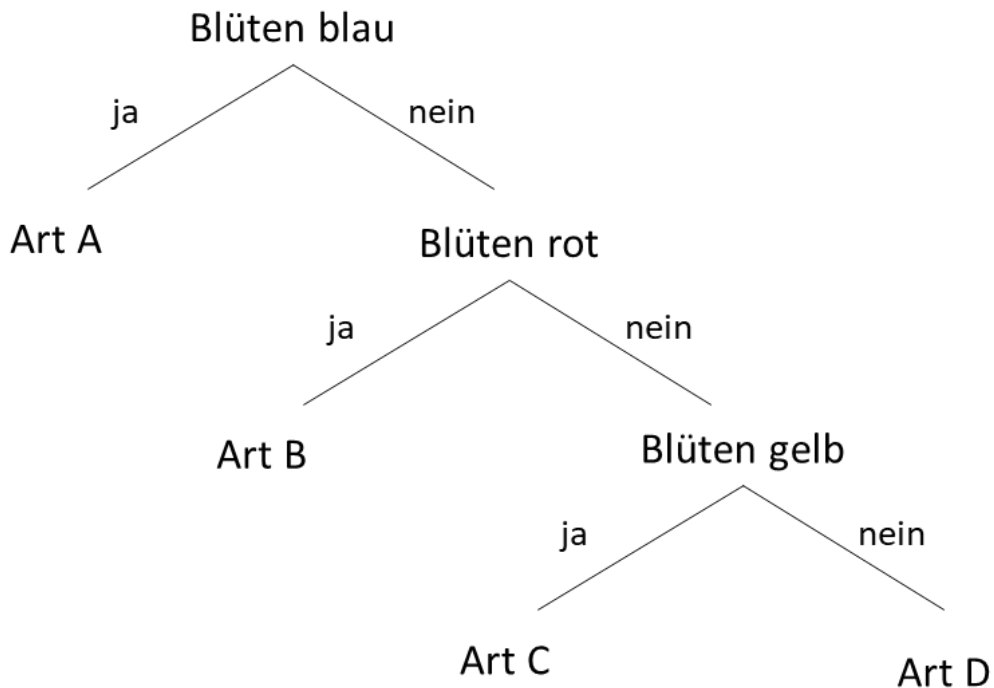


Abb. 3: Bestimmung der Pflanzen aus Abb. 1 in als einfacher (linearer) dichotomer Verzweigungsbaum.



## Gute Bestimmungsschlüssel haben kurze Bestimmungswege

Diese Form des Bestimmungsschlüssel hat den Nachteil, dass für die Arten C und D ein relativ langer Bestimmungsweg nötig ist. Bei nur vier verschiedenen Arten fällt das noch nicht sehr ins Gewicht, aber bei grösseren Artenzahlen führt dieser Ansatz zu schlechten Bestimmungsschlüsseln. Guten Bestimmungsschlüsseln zeichnen sich dadurch aus, dass möglichst viele Arten kurze Bestimmungswege haben. Um dies zu erreichen, sollte man daher stets versuchen, die zu vergleichenden Arten bei jedem Bestimmungsschritt in zwei Gruppen aufzuteilen, die im Idealfall etwa gleich gross sind. In unserem Beispiel können wir die vier Arten A-D anhand der Blattstellung in zwei Gruppen aufteilen und wir erhalten die folgende Darstellung:

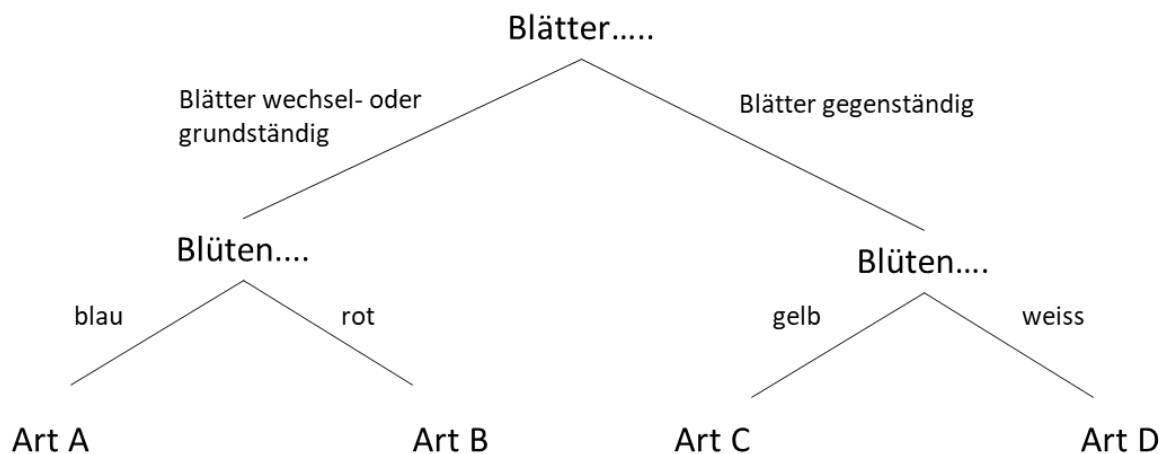


Abb. 4: Bestimmung der Pflanzen aus Abb. 1 in als gruppierter dichotomer Verzweigungsbaum.

In diesem Bestimmungsschlüssel haben nun alle Arten einen relativ kurzen Bestimmungsweg und er kann als guter Bestimmungsschlüssel bezeichnet werden.

## Bestimmungsschlüssel sind normalerweise in Zeilenform

Grafische Bestimmungsschlüssel sind rasch erstellt und einprägsam. Ihr Nachteil: sie brauchen viel Platz und sind typografisch kompliziert. In den meisten Florenwerken werden daher Bestimmungsschlüssel verwendet, die sich in Textzeilen darstellen lassen. Bei einer häufig angewendeten, eleganten Darstellung wird die Dichotomie durch Einrücken der Zeilen nachempfunden:

- |    |   |                   |                                      |
|----|---|-------------------|--------------------------------------|
| 1  | Blätter wechsel- oder grundständig..... | 2                 | (damit ist gemeint: gehe zur Zahl 2) |
|    | 2                                       | Blüten blau.....  | Art A                                |
|    | 2*                                      | Blüten rot.....   | Art B                                |
| 1* | Blätter gegenständig.....               | 3                 |                                      |
|    | 3                                       | Blüten gelb.....  | Art C                                |
|    | 3*                                      | Blüten weiss..... | Art D                                |



Jede Dichotomie (Frage und Gegenfrage) erhält eine Nummer und wird auf der gleichen Gliederungsebene dargestellt.

Der Nachteil bei dieser Darstellungsform besteht darin, dass bei grossen Artengruppen der Text immer mehr eingerückt werden muss und so am Ende für eine Zeile immer weniger Platz zur Verfügung steht. Eine Lösung dieses Problems ergibt sich aus folgender Darstellung:

- 1 Blätter wechsel- oder grundständig..... 2
- 1\* Blätter gegenständig ..... 3
- 2 Blüten blau ..... Art A
- 2\* Blüten rot ..... Art B
- 3 Blüten gelb ..... Art C
- 3\* Blüten weiss ..... Art D

Bei dieser Schlusselform ist zwar die Dichotomie kaum mehr erkennbar, aber es hat auch Vorteile, wenn Frage und Gegenfrage stets direkt aufeinanderfolgen und die positiven und negativen (ausschliessenden) Merkmale direkt aufeinanderfolgen. Oft wird dann sogar, der Einfachheit halber, die Nummer der Gegenfrage weggelassen. Die Nummern sind dann leichter auffindbar.

- 1 Blätter wechsel- oder grundständig..... 2
- Blätter gegenständig ..... 3
- 2 Blüten blau ..... Art A
- Blüten rot ..... Art B
- 3 Blüten gelb ..... Art C
- Blüten weiss ..... Art D

Auch der eher ungünstig aufgebaute Verzweigungsbaum aus Abb. 3 kann als Zeilentext dargestellt werden:

- 1 Blütenfarbe blau ..... Art A
- 1\* Blütenfarbe rot, gelb oder weiss ..... 2
- 2 Blütenfarbe rot ..... Art B
- 2\* Blütenfarbe gelb oder weiss ..... 3
- 3 Blütenfarbe gelb ..... Art C
- 3\* Blütenfarbe weiss ..... Art D

### Seltener gibt es auch polytome Bestimmungsschlüssel

An den Zertifikatsprüfungen werden im allgemeinen dichotome Bestimmungsschlüssel erwartet. Rein theoretisch können die Bestimmungsschlüssel bei bestimmten Fragen aber auch mehr als zwei Alternativen anbieten. In solchen Fällen spricht man von polytomen Schlüsseln. In unserem Beispiel könnte der polytome Bestimmungsschlüssel wie folgt aussehen:

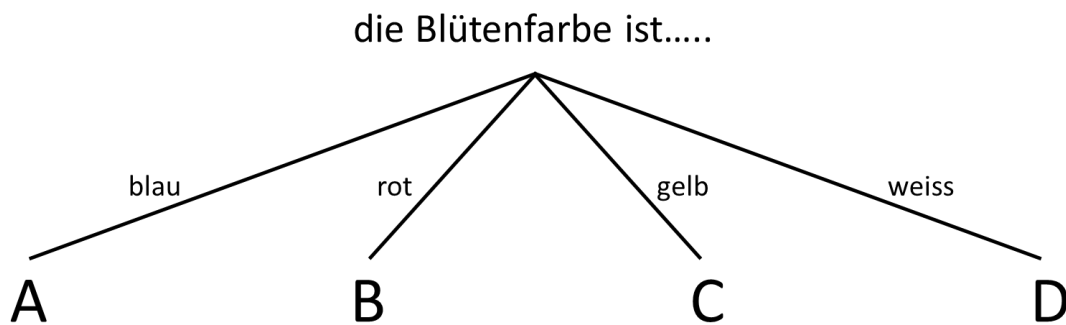


Abb. 5: Bestimmung der Pflanzen aus Abb. 1 in einem polytomen Verzweigungsbaum.

In den verbreiteten Florenwerken werden polytome Schlüsselschritte nicht oder nur in Ausnahmefällen verwendet. Bevor in einer Prüfung ein polytomer Bestimmungsschlüssel als Lösung angeboten wird, empfiehlt es sich, in der Fragestellung genau zu prüfen, ob dies erlaubt ist.

### Natürliche und künstliche Bestimmungsschlüssel

Wenn in einem Bestimmungsschlüssel die Fragen zunächst zur Bestimmung der verschiedenen Familien führen und dann über die Gattung und Art schliesslich zur Unterart, dann wird die natürliche Verwandtschaft der Arten im Bestimmungsschlüssel abgebildet. Verwandte Taxa liegen damit nahe beieinander. Solche Schlüssel, die sich an der Pflanzensystematik orientieren, werden natürliche Bestimmungsschlüssel genannt. Ihnen gegenüber stehen künstliche Bestimmungsschlüssel, die eher den einfachsten Bestimmungsweg nachzeichnen, ohne dabei die systematischen Verwandtschaftsverhältnisse zu respektieren. Bei künstlichen Schlüsseln dürfen Arten aufeinanderfolgen, die verwandtschaftlich weit voneinander entfernt sind, aber zufällig ein gemeinsames Merkmal haben (z.B. gleiche Blütenfarbe).

Viele populärwissenschaftliche Bestimmungsb cher teilen die Flora nach Blütenfarbe ein, ohne dass nach der Familienzugehörigkeit der Arten sondiert wird. Dies ist ein typischer künstlicher Bestimmungsschritt. Er scheint für die Anwendung relativ einfach, funktioniert aber nur bei einer übersichtlichen Menge von Arten und respektiert keine Verwandtschaftsverhältnisse.

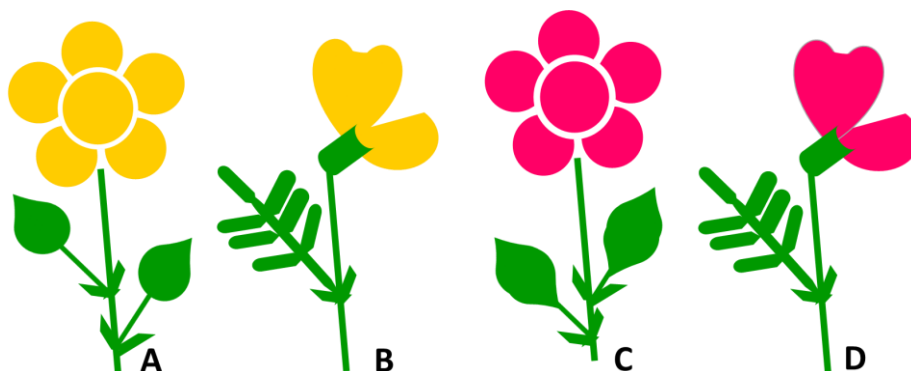


Abb. 6: Je zwei stilisierte Pflanzenarten aus der Familie der Rosaceae (A und C) und der Fabaceae (B und D)



Der Unterschied kann in einem stark vereinfachten Beispiel für die Pflanzen aus Abbildung 6 veranschaulicht werden:

**Künstlicher Schlüssel:** Aufeinanderfolgende Arten sind nicht miteinander verwandt.

- 1 Blütenfarbe gelb ..... 2
  - 2 Blattspreite ungeteilt ..... Art A
  - 2\* Blattspreite in Teilblättchen aufgeteilt ..... Art B
- 1\* Blütenfarbe rot ..... 3
  - 3 Blattspreite ungeteilt ..... Art C
  - 3\* Blattspreite in Teilblättchen aufgeteilt ..... Art D

**Natürlicher Schlüssel:** Verwandte Arten kommen im Schlüssel direkt nacheinander zu liegen.

- 1 Blüten radiär, Staubblätter frei, zahlreich (selten zu 4)  
(Familie Rosaceae) ..... 2
  - 2 Blütenfarbe gelb ..... Art A
  - 2\* Blütenfarbe rot ..... Art C
- 1\* Blüten zygomorph, Staubblätter 10, mindestens teilweise  
zu einer Röhre verwachsen  
(Familie Fabaceae) ..... 3
  - 3 Blütenfarbe gelb ..... Art B
  - 3\* Blütenfarbe rot ..... Art D

Bei der Formulierung der Prüfungsaufgabe der Zertifikatsprüfung muss darauf geachtet werden, ob und in welcher Form die Verwandtschaftsverhältnisse im zu erstellenden Schlüssel nachgezeichnet werden sollen. Manchmal darf ein vollständig künstlicher Schlüssel erstellt werden, oft aber wird verlangt, dass nahe verwandte Arten im Schlüssel direkt aufeinander folgen.

## Schlüsselerstellung mit Merkmalstabellen

Um einen Schlüssel herzustellen, kann es sehr hilfreich sein, sich zunächst eine einfache Merkmalstabelle die wichtigen Merkmale (Variablen) und deren Ausprägungen (Werte) zu notieren. Daraus lässt sich dann u.a. ableiten welche Merkmale zwei oder allenfalls mehr als zwei Ausprägungen haben. Hier ein Beispiel mit unseren Arten A-D aus Abb.1 mit den Merkmalen *Blütenfarbe*, *Blattstellung*, *Blattform* usw.

Art	Blütenfarbe	Blattstellung	Blattform	...
A	blau	wechselständig	eiförmig	
B	rot	grundständig	spatelig	
C	gelb	gegenständig	linealisch	
D	weiss	gegenständig	eiförmig	

In der Tabelle wird erkennbar, dass hier das Merkmal *Blattstellung* für die Schlüsselkonstruktion geeignet ist.

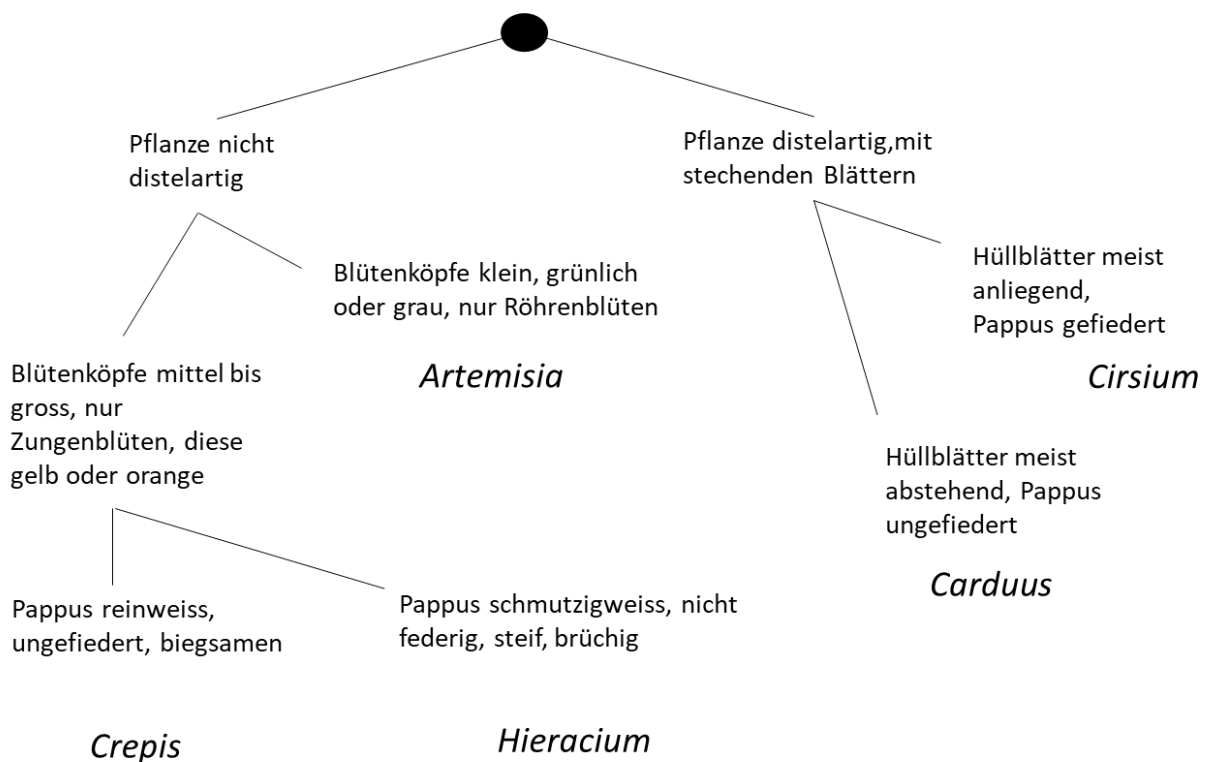


## Aufgabestellungen aus bisherigen Prüfungen

### Aufgabe aus einer Iris-Prüfung:

Erstellen Sie einen dichotomen Bestimmungsschlüssel zur Unterscheidung der Gattungen *Artemisia*, *Carduus*, *Cirsium*, *Crepis* und *Hieracium* anhand morphologischer Unterscheidungsmerkmale.

**Mögliche Lösung** (es gibt verschiedene Lösungen):





### Relativ leichte Aufgabe aus einer Dryas-Prüfung:

Erstellen Sie einen dichotomen Bestimmungsschlüssel (so kompakt wie möglich) mit felddauglichen Merkmalen für die folgenden Arten: *Aster alpinus*, *Campanula trachelium*, *Carduus defloratus*, *Centaurea cyanus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Saxifraga aizoides*, *Saxifraga rotundifolia*, *Sedum acre*, *Sempervivum arachnoideum*.

Wichtig: Der Schlüssel muss nicht notwendigerweise Familien- und Gattungsmerkmale enthalten. Allerdings sollte er die phylogenetischen Verwandtschaften widerspiegeln, d.h. eng verwandte Arten sollten im Schlüssel nahe beieinander liegen.

### Mögliche Lösung (es gibt verschiedene Lösungen):

1	Bis 40 m hoher Baum .....	2
1*	Bis 50 cm hoch wachsende Krautpflanze.....	3
2	Blätter an Rand grob gelappt .....	<i>Quercus robur</i>
2*	Blätter ganzrandig.....	<i>Fagus sylvatica</i>
3	Kronblätter verwachsen .....	4
3*	Kronblätter frei .....	6
4	Blütenstand locker, kein Körbchen bildend .....	<i>Campanula trachelium</i>
4*	Blütenstand ein Körbchen bildend .....	5
5	Pflanze stachelig, distelähnlich .....	<i>Carduus defloratus</i>
5*	Pflanze nicht stachelig .....	<i>Aster alpinus</i>
6	Blüten weiss .....	7
6*	Blüten gelb oder rot .....	8
7	Blätter länglich, knorpelig, dicklich, graugrün .....	<i>Saxifraga aizoides</i>
7*	Blätter flach, rundlich .....	<i>Saxifraga rotundifolia</i>
8	Blüten gelb .....	<i>Sedum acre</i>
8*	Blüten rot.....	<i>Sempervivum arachnoideum</i>





### Etwas anspruchsvollere Aufgabe aus einer Dryas-Prüfung:

Erstellen Sie einen feldtauglichen, dichotomen und möglichst kurzen Bestimmungsschlüssel für die folgenden Arten: *Arrhenatherum elatius*, *Carex nigra*, *Frangula alnus*, *Holcus lanatus*, *Juncus effusus*, *Juncus inflexus*, *Luzula pilosa*, *Nardus stricta*, *Rhamnus cathartica* und *Schoenus nigricans*.

Wichtig: der Schlüssel darf «künstlich» sein, d.h. er muss nicht zwingend Familien- und Gattungsmerkmale enthalten. Er sollte jedoch die Verwandtschaft abbilden, d.h. nahe verwandte Arten sollten im Schlüssel nahe beieinander bleiben - und er muss für diese 10 Arten funktionieren!

### Mögliche Lösung (es gibt verschiedene Lösungen):

- 1 Pflanze verholzt ..... 2
  - 2 Blattrand ganz, ungesägt.....*Frangula alnus*
  - 2\* Blattrand fein gesägt ..... *Rhamnus cathartica*
- 1\*Pflanze krautig ..... 3
  - 3 Blütenhülle fehlend oder auf Borsten reduziert ..... 4
    - 4\* Stängelblätter vorhanden .....
      - 5. Blätter schmal, borstig.....*Nardus stricta*
      - 5. Blätter flach.....*Holcus lanatus*
    - 4. Stängelblätter fehlend.....*Schoenus nigricans*
  - 3\* Blütenhülle vorhanden, nicht borstig.....
    - 6\* Stängelblätter fehlend .....
      - 7. Stängel glatt ..... *Juncus effusus*
      - 7. Stängel fein gerillt .....*Juncus inflexus*
    - 6. Stängelblätter vorhanden, am Rand lang bewimpert .....*Luzula pilosa*



### Anspruchsvolle Aufgabe aus einer Dryas-Prüfung:

Erstellen Sie einen feldtauglichen, dichotomen und möglichst kurzen Bestimmungsschlüssel für die folgenden Arten: *Knautia arvensis*, *Tragopogon pratensis*, *Eupatorium cannabinum*, *Crepis aurea*, *Taraxacum officinale* aggr., *Leontodon helveticus*, *Hieracium pilosella*, *Crepis biennis*, *Sonchus oleraceus*, *Cichorium intybus*

Wichtig: Arten aus der gleichen Gattung sollten im Schlüssel nahe beieinanderbleiben.

### Mögliche Lösung (es gibt verschiedene Lösungen):

- 1 Stängelblätter gegenständig ..... 2
  - 2 Blütenköpfchen wenigblütig (nur 4-6 Blüten) ..... *Eupatorium cannabinum*
  - 2\* Blütenköpfchen vielblütig (mehr als 6 Blüten) ..... *Knautia arvensis*
- 1\* Stängelblätter wechselständig oder fehlend ..... 3
  - 3 Blüten gelb oder orange ..... 4
    - 4\* Pappusborsten ungefiedert ..... 5
      - 5. Stängel hohl ..... 6
        - 6. Frucht flach, ungeschnäbelt ..... *Sonchus oleraceus*
        - 6\* Frucht lang geschnäbelt ..... *Taraxacum officinale* aggr.
      - 5\* Stängel gefüllt, fest ..... 7
        - 7 Pappus schneeweiss, biegsam ..... 8
          - 8 Stängel blattlos, Blüten orange ..... *Crepis aurea*
          - 8\* Stängel beblättert, Blüten gelb ..... *Crepis biennis*
        - 7\* Pappus hellbeige, brüchig ..... *Hieracium pilosella*
    - 4. Pappusborsten gefiedert ..... *Leontodon helveticus*
  - 3\* Blüten blau ..... *Cichorium intybus*