



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR VERKEHR

# Grundlagen der ökologischen Pflege des Straßenbegleitgrüns

Björn Losekamm

Referat 26 - Naturschutz und Wiedervernetzung an Verkehrswegen, Techn. Umweltschutz

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Tel.: +49 (711) 89686-2604, E-Mail: [Bjoern.losekamm@vm.bwl.de](mailto:Bjoern.losekamm@vm.bwl.de)

17.05.2022



# Potential des Straßenbegleitgrüns

- 27.000 ha in BW (konservative Schätzung)
- „Eh-da“-Flächen ohne Produktionsnutzung, extensive Pflege, keine Düngung, keine Insektizide/Herbizide
- lineare Struktur → gutes Vernetzungspotential → Biotopverbund
- unterschiedlich, beschaffene Fläche → strukturelle Vielfalt
- großes Potential für die Artenvielfalt
  
- Haupteinflussfaktoren für die Artenvielfalt
  1. **Pflege → Straßenmeistereien und Bauhöfe als Landschaftspfleger**
  2. Bodenverhältnisse
  3. Isolation bzw. Vernetzung

# Straßenbegleitgrün zunehmend im Fokus

- Naturschutzstrategie 2013: In den nächsten Jahren werden wir „die Pflege der Straßenbegleitflächen möglichst naturverträglich gestalten und im Sinne des Erhalts der Biodiversität optimieren“.
  - dramatisches Artensterben → verstärktes Interesse der Bevölkerung (Volksbegehren Artenvielfalt)
- ➔ Straßenbegleitgrün und dessen Pflege rücken zunehmend in den Fokus und werden stärker wahrgenommen

# Straßenbegleitgrün als Lebensraum für Pflanzen

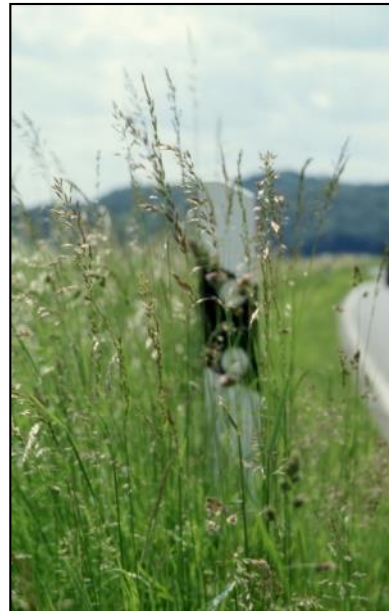
## Bankettzone

Charakteristisch sind Pflanzenarten, die

- robust und regenerationsfähig
- trittfest
- salzertragend
- licht- und wärmebedürftig sind.



**Löwenzahn**



**Glatthafer**



Foto: Joachim Mai

# Straßenbegleitgrün als Lebensraum für Pflanzen

## Graben- Muldenzone

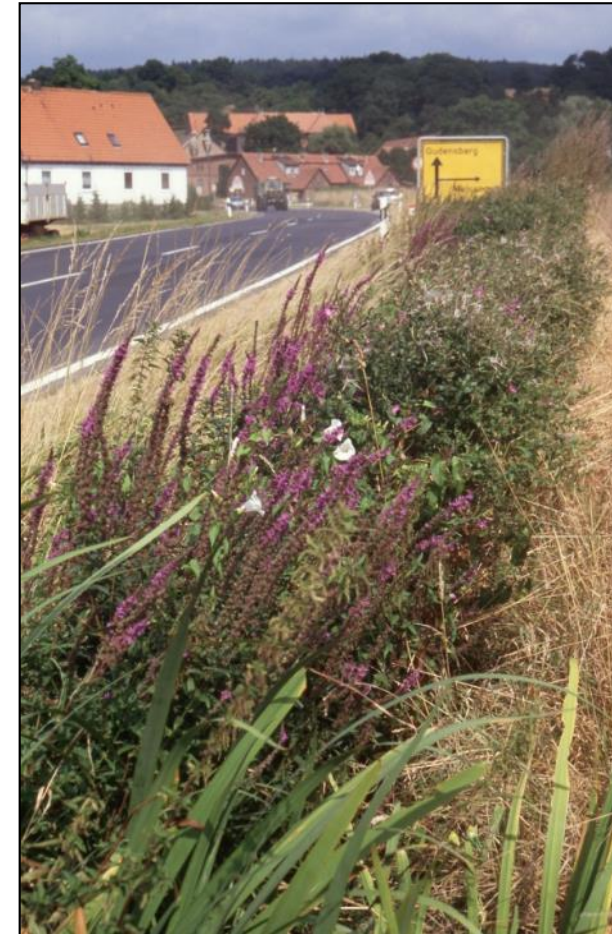
Charakteristisch sind Pflanzenarten, die an Feuchtigkeit bzw. „Wechselfeuchte“ angepasst sind



**Blut-Weiderich**



**Mädesüß**



# Straßenbegleitgrün als Lebensraum für Pflanzen

## Böschungszone – sonnenexponierte, nährstoffarme, trockene Standorte



**Wiesen-Salbei**



**Karthäuser Nelke**



**Bläuling auf Wundklee**



# Straßenbegleitgrün als Lebensraum für Pflanzen

Böschungszone – sonnenexponierte, nährstoffarme, trockene Standorte



# Straßenbegleitgrün als Lebensraum für Pflanzen

## Typische Bäume

- Feld- und Spitzahorn
- Sommer- / Winterlinde
- Eberesche
- (Stiel-) Eiche
- Zitter-Pappel
- Hain- Buche
- Gemeine Esche
- .....

## Typische Hecken/Sträucher:

- Haselnuss
- Schlehe
- Blut-Hartriegel
- Weißdorn
- Liguster
- Rote Heckenkirsche
- Wolliger Schneeball
- .....



Foto: Joachim Mai



Foto: Martin Stollberg



# Straßenbegleitgrün als Lebensraum für Tiere

- Tierarten und deren Anzahl hängt stark von **der örtlichen Vegetation** (und damit vom Nahrungsangebot), der in **der Umgebung vorkommenden Tierarten** sowie **der Pflegepraxis** ab.
- Anteil von Rote-Liste-Arten und „Spezialisten“ ist gering → Störfaktoren



z.B. (blütenbesuchende) Insekten



z.B. Amphibien und  
(blütenbesuchende) Insekten



z.B. Vögel, Kleinsäuger

# Straßenbegleitgrün als Lebensraum für Tiere

## Böschungsbereiche - Gehölzflächen



**Haselmaus**

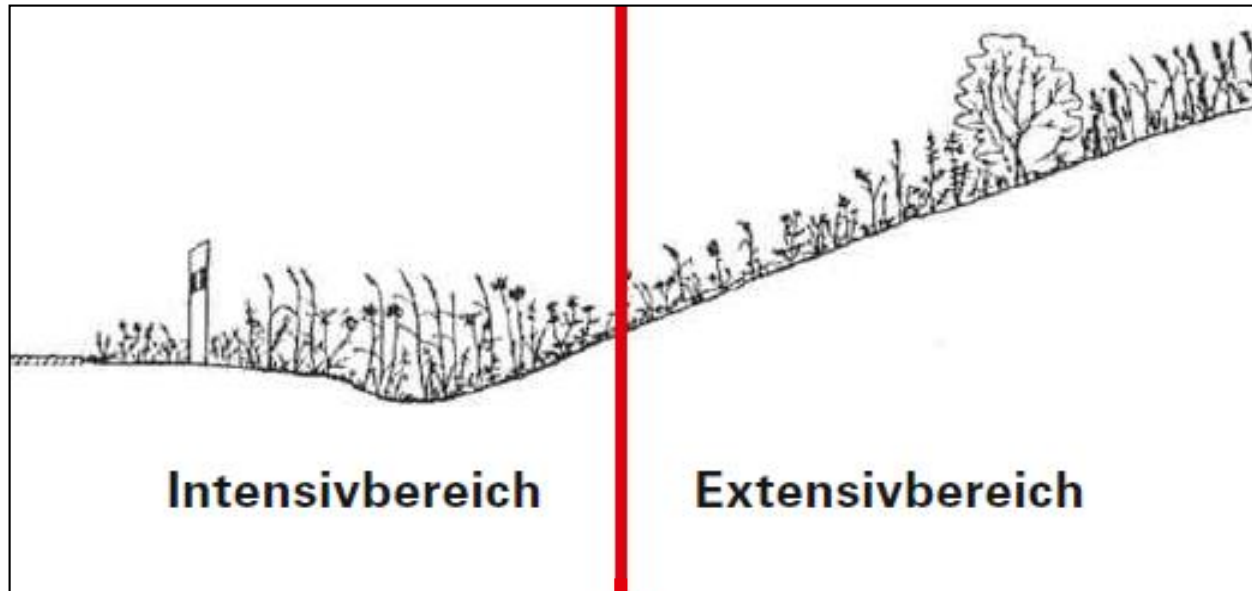


**Heckenbraunelle**



**Mauereidechse**

# Einteilung des Straßenbegleitgrüns



Fokus = Verkehrssicherheit,  
ökologische Belange  
nachgeordnet

Fokus = Naturschutzfachliches Potential

## Unterteilung:

- Normalflächen → **standardisiertes Konzept**
- Auswahlflächen = Flächen mit günstigen Bedingungen → **individuelle Pflegekonzepte**

# Hinweise zur ökologische Pflege des Straßenbegleitgrüns

2016 veröffentlichtes  
Hinweispapier

Schwerpunkt:

Änderungen der Regelpflege

→ Anpassung der  
Pflegeintensität, **Erhöhung der  
strukturellen Vielfalt**

→ abschnittsweise Pflege



## Straßenbegleitgrün

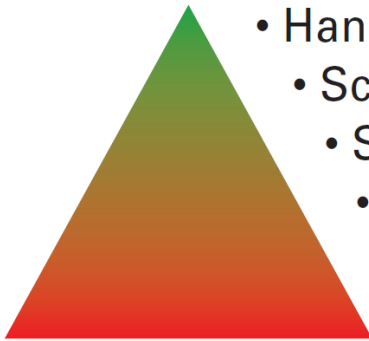
Hinweise zur ökologisch orientierten Pflege von  
Gras- und Gehölzflächen an Straßen



Baden-Württemberg  
MINISTERIUM FÜR VERKEHR

# Warum abschnittsweise pflegen?

## Schädlichkeit



- Hand-Motorbalkenmäher
- Schlepper-Balkenmähwerke
- Sensen
- Trommel-/Scheibenmähwerke
- Mähwerke mit Aufbereitern
- Mulchgeräte

Quelle: verändert nach  
Van De Poel & Zehm 2014

- Mulchgeräte & Absaugmäher führen zu den höchsten Wildtierverlusten (>80%)
- Pflegemaßnahmen führen immer zu Lebensraum- und Individuenverlust
- unproblematisch, solange **Pflege kleinflächig** erfolgt (→ weniger Verluste) und „**Alternativlebensräume**“ und **Rückzugsgebiete** verfügbar sind

➔ **abschnittsweise Pflege**

# Warum abschnittsweise pflegen?



Foto: Netzwerk Blühende Landschaft

- Effekte der Mahd wird reduziert + Ausweichmöglichkeiten geschaffen
- Altgrasstreifen → Ausbreitungsbasis für Blütenpflanzen, Nist- und Überwinterungsstandorte
- Bürger/innen achten vermehrt auf Pflege → Kritik vermeiden

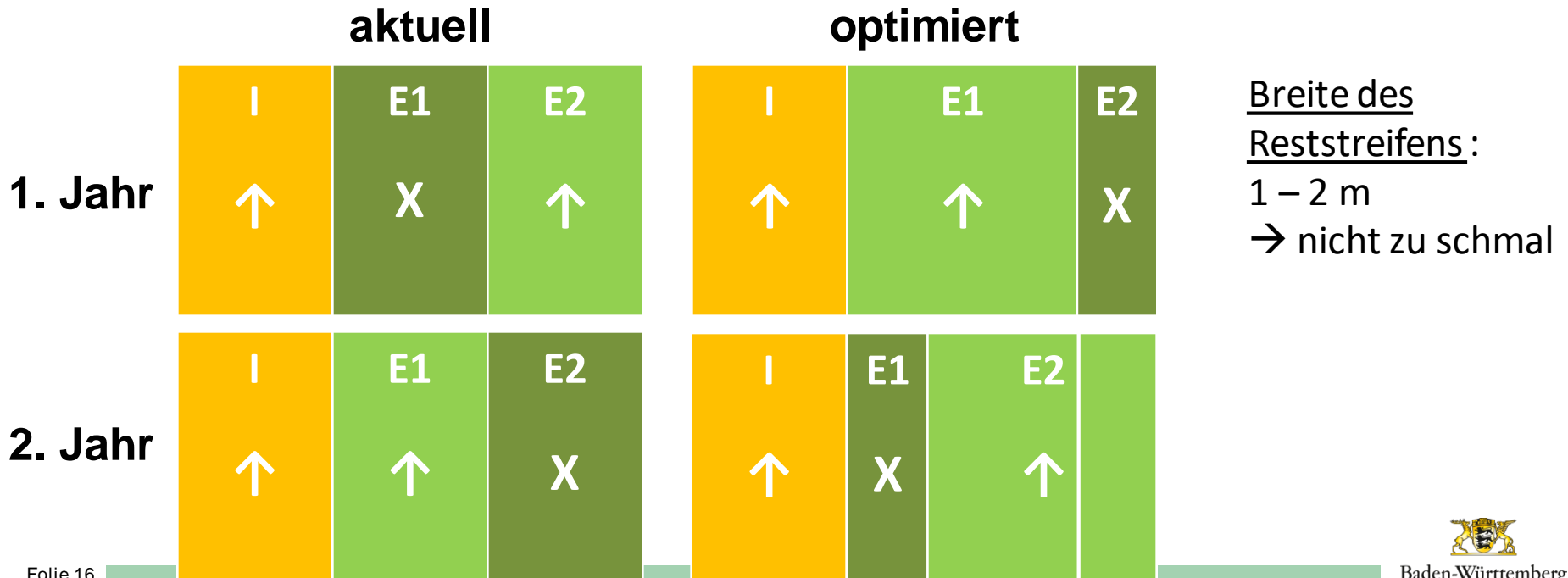
# Abschnittsweise Pflege - Refugialflächen

## Erkenntnisse des Modellprojekts zur Pflege des Straßenbegleitgrüns in BW

- SBG im Extensivbereich großteils zu selten gepflegt (1 x jährlich spät)  
→ artenarme und grasdominierte Flächen
  - viel stehen lassen sog. Refugialflächen → kurz-/mittelfristige Schonung von Insekten und Kleintieren, aber reduzierte Pflegeintensität auf der Gesamtfläche
    - Abnahme der Pflanzenartenzahl, insbesondere Grünlandarten
    - langfristige Veränderung/Verlust von Lebensraum
- ➔ Mehr stehen lassen ist nicht immer besser, 20-30 % als Faustregel

# Angepasste Regelpflege – parallele Pflegestreifen

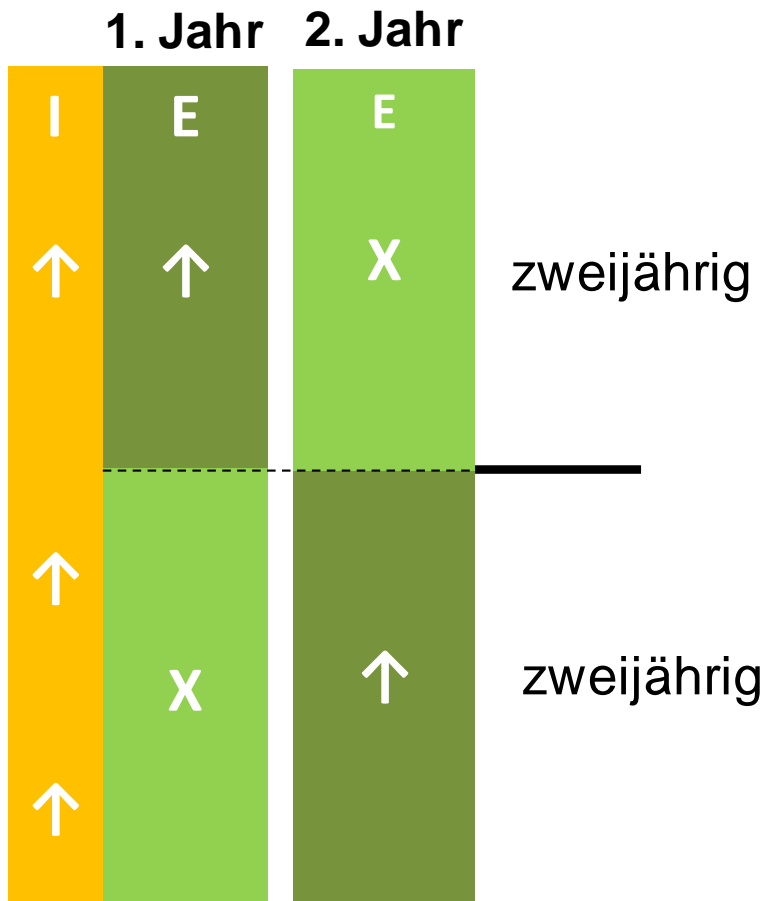
- abschnittsweise, **20-30 % des Extensivbereichs stehen lassen**
- im Folgejahr müssen die nicht gepflegte Bereiche des Vorjahres gepflegt werden → Gehölzsukzession verhindern
- Massentrachten nach Möglichkeit erst nach der Hauptblütezeit



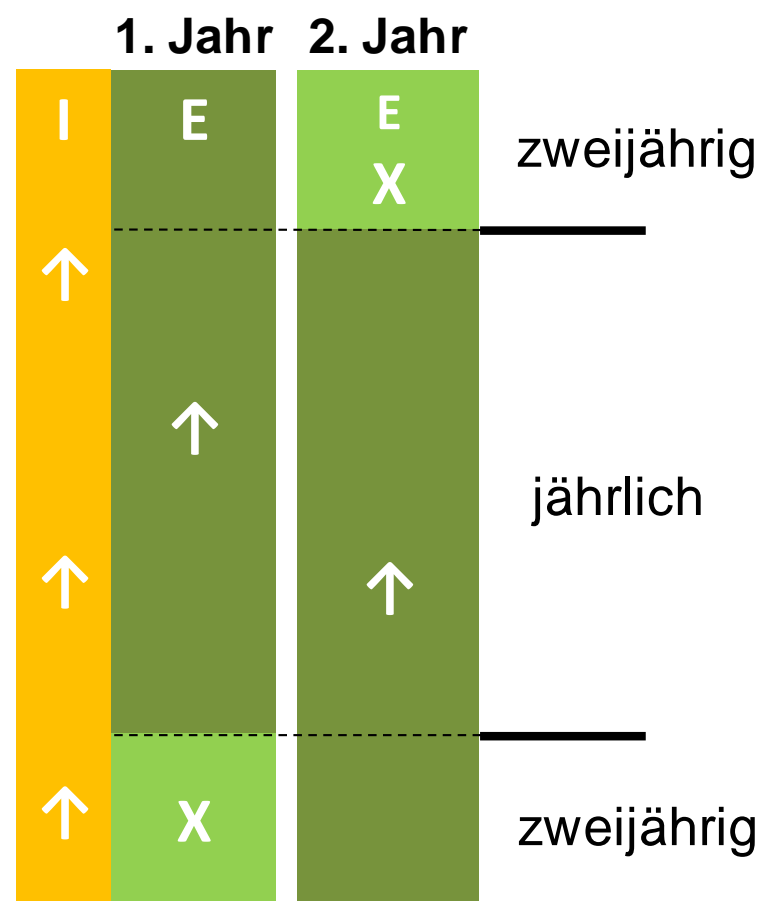


# Angepasste Regelpflege – wandernde Brachstreifen

## 50% Refugialfläche



## 20-30% Refugialfläche



# Vor- und Nachteile der ökologischen Regelpflege

- Reduzierte Mortalität von Insekten und Kleintieren
- Altgrasstreifen als Überwinterungsmöglichkeit, Nistplatz, Ausgangspunkt für Wiederbesiedlung
- Reduktion der Pflegekosten
- Vorbildfunktion für Bürger/innen → Abkehr von der Golfrasen-Optik
- Erhöhung der strukturellen Vielfalt

## ABER:

- bei sehr wüchsigen Standorten bzw. hohem Sukzessionsdruck ggf. nicht möglich
- Standortbedingungen + Vegetation werden nicht berücksichtigt

# Vielfalt in der Pflege für mehr Artenvielfalt

- Pflegeschema mit abschnittsweiser Pflege garantiert einen ökolog. Mindeststandard, aber berücksichtigt keine Standortunterschiede
- Potentiale der unterschiedlichen Standorte nutzen und mehr Strukturvielfalt → stärker differenzierte Pflege (Häufigkeit, Zeitpunkte)

## Erkenntnisse des Modellprojekts zur Pflege des Straßenbegleitgrüns

- trocken-lückige Flächen – Mulchen alle 1-2 Jahre ausreichend  
→ wertvolle Nistflächen für Wildbienen
- Sichtflächen – 2-3 x jährlich gemulcht → häufig bereits artenreich  
→ Regelpflege kann auf einigen Flächen zielführend sein, hat aber Grenzen  
→ andere Pflege und/oder Ansaat mit gebietheimischem Saatgut

# Standortangepasste Pflege als Optimum

- Anpassung an Vegetation, Wüchsigkeit, Klima
  - Voraussetzungen:
    - Kenntnis der vorhandene Vegetation
    - Vorausplanung der Pflege → Pflegepläne
    - Integration in Arbeitsabläufe
    - maschinelle + personelle Ausstattung
- ➔ standortangepasste Pflege = erhöhter Aufwand
- ➔ schrittweise Umsetzung, bei besonders wertvollen Flächen anfangen

**Ziel = vielfältiges Mosaik von Grünlandbeständen mit unterschiedl. Pflegeintensitäten, mit dem Standort arbeiten**

# Handreichung zur Pflege von Grasflächen an Straßen

- Hinweise zur ökologischen Regelpflege + Beschreibung üblicher Bestandtypen inkl. Pflegeempfehlungen
- laminiert und kompakt für unterwegs










## Straßenbegleitgrün

Handreichung zur Pflege von  
Grasflächen an Straßen



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR VERKEHR

Bestandstyp	Pflegehäufigkeit	Pflegezeitraum																								
	alle 2 Jahre mulchen	Frühsommer oder Spätsommer / Herbst																								
<b>Erkenntnisse Modellprojekt: mind. 1-mal pro Jahr mulchen!</b>																										
		<table border="1"> <tr><th>J</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td></td><td></td></tr> </table>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															
	1-mal pro Jahr mulchen	Frühsommer (Anfang Juni bis Mitte Juli)																								
		<table border="1"> <tr><th>J</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															
	1-mal pro Jahr mulchen/mähen (im Idealfall Mahd mit Abräumen)	Sommer (Juli/August)																								
		<table border="1"> <tr><th>J</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															
	alle 1–2 Jahre mulchen	Spätsommer / Herbst (Anfang September bis Ende Oktober)																								
		<table border="1"> <tr><th>J</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td></td></tr> </table>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															
	alle 2–4 Jahre mulchen	Spätsommer / Herbst (Anfang September bis Ende Oktober)																								
		<table border="1"> <tr><th>J</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td></td></tr> </table>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															
	im Idealfall alle 3–5 Jahre Mahd mit Abräumen; alternativ: alle 2–3 Jahre mulchen	Spätsommer / Herbst (Anfang September bis Ende Oktober)																								
		<table border="1"> <tr><th>J</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td></td></tr> </table>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															
	alle 2–4 Jahre Mahd mit Abräumen	Herbst (Ende September bis Ende Oktober)																								
		<table border="1"> <tr><th>J</th><th>F</th><th>M</th><th>A</th><th>M</th><th>J</th><th>J</th><th>A</th><th>S</th><th>O</th><th>N</th><th>D</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td style="background-color: #008000;"></td><td></td></tr> </table>	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D												
J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D															

**grün** = Pflege, **grau** = keine Pflege, **///** = Abweichung je nach Höhenlage, Klima usw.



# Mähen und Abräumen des Schnittgutes

- Ziel: sukzessive Abfuhr von Nährstoffreduktion → lichter Bewuchs, fördert Blütenpflanzen → Erhöhung der Artenvielfalt
- 2 x Mähen und Abräumen des Schnittgutes = wirksame Methode zur Erhöhung der Artenvielfalt, aber langjährige Durchführung erforderlich
- Ökologische Rahmenbedingungen:
  - mittelwüchsige Flächen (nicht zu nährstoffreich)
  - idealerweise südexponierte Flächen
  - idealerweise mit Anbindung an FFH-Mähwiesen, Offenlandbiotopen und Flächen des Biotopverbunds (trocken)
- Praktische Rahmenbedingungen: ausreichende Größe, nicht zu starke Neigung, Zugänglichkeit
- erhöhter Aufwand und Kosten, maschinelle und personelle Kapazitäten
- ➔ zunächst mit ausgewählten, geeigneten Flächen beginnen, schrittweise ausweiten



# Aushagerung ausgewählter straßenbegleitender Grasflächen im Sonderprogramm

- Sonderprogramm zur Stärkung der biologischen Vielfalt wurde 2018 gestartet → Motto „Erhalten, was uns erhält“
- VM fördert mehrere Maßnahmen zur ökologischen Aufwertung des Straßenbegleitgrüns → **Schwerpunkt Aushagerung**
- Förderung der Mehrkosten für zweischürige Mahd und Abfuhr des Schnittgutes (im Einzelfall auch einschürig oder dreischürig)
- Ein- und Nachsaat mit gebietsheimischem Saatgut bei fehlendem Samenpotential im Boden oder der Umgebung
- Aushagerungsfläche insgesamt 83 Hektar, davon 22 Hektar mit gebietsheimischen Saatgut eingesät



# Aushagerungsflächen – B28 OU Oberkirch



Fotos: Peter Lill

# Rems-Murr-Kreis – B29



Foto: Frank Koessler

# Rems-Murr-Kreis – B29



Foto: Frank Koessler

# Ostalbkreis - B29 Gmünd



# Ostalbkreis - B298 Mutlangen



25/05/2020

# Ostalbkreis - B29 Hussenhofen



# Ansäen von Blühflächen

- nur Annäherung an natürliche Vegetationszusammensetzung
  - gebietsheimisch  $\neq$  gut  $\rightarrow$  Zusammensetzung entscheidend
  - möglichst artenreich  $\neq$  gut  $\rightarrow$  unnatürlich artenreich, unter Umständen nicht beständig, unnötig teuer
  - auch aus richtigem Ursprungsgebiet  $\rightarrow$  geringfügige Florenverfälschung
  - Druschgut- oder Mahdgutübertragung = besser  $\rightarrow$  Verfügbarkeit
  - gute Vorbereitung, Nachpflege erforderlich  $\rightarrow$  Expertise
- $\rightarrow$**  natürliche Entwicklung bei optimierter Pflege ist i. d. R. vorzuziehen, Einsaaten nur als ergänzendes Mittel

# Wettbewerb „Blühende Verkehrsinseln“

- Anreiz für Kommunen um Verkehrsinseln aufzuwerten
- Voraussetzungen: Verwendung gebietsheimisches Saatgut + keine Pestizide
- 1. Runde (2019) = 30 Bewerbungen, 2. Runde (2020) = 41 Bewerbungen und 3. Runde (2021) = 61 Bewerbungen → > 50 % erfüllen die Voraussetzungen
- Bewertung: Fachliche Expertise des Konzeptes + Art und Lage der Fläche  
Pflegeplan, Einbeziehung der Bevölkerung, Nisthilfen...
- Auszeichnung von 10 Gewinnerkommunen mit der goldenen Wildbiene, 3 persönlich von Herr Minister Hermann
- **Bewerbungsfrist für 4. Runde : 31. Mai**







Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR VERKEHR

# Ökologische Gehölzpflege



Mobilität und Lebensqualität.  
**Für Stadt und Land.** 

# Pflegezeitraum

## § 39 Abs. 5 Nr. 2 BNatSchG:

- **verboten vom 01.03. bis zum 30.09.** Bäume, Hecken, lebende Zäune, Gebüsche und andere Gehölze abzuschneiden oder „auf den Stock zu setzen“
- ➔ allgemeinen Erhalt der Lebensstätten, primär Schutz von Vögeln während der Brut- und Aufzuchtzeit.

# Pflegezeitraum

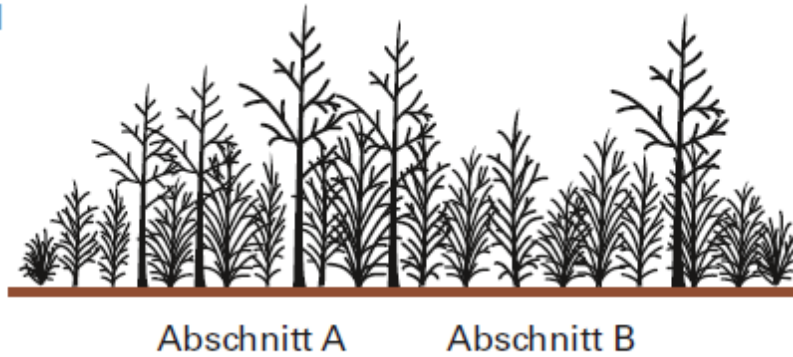
## Ausnahmen:

- Pflegemaßnahmen, die nicht auf eine andere Weise oder zu einem anderen Zeitpunkt durchgeführt werden können und der Gewährleistung der Verkehrssicherheit dienen.
  - schonende Form- und Pflegeschnitte zur Beseitigung des Zuwachses der Pflanzen oder zur Gesunderhaltung von Bäumen (§ 39 Abs. 5 Satz 2 BNatSchG).
- ➔ Pflegemaßnahmen sollten nur ausnahmsweise während der Vegetationszeit durchgeführt werden.

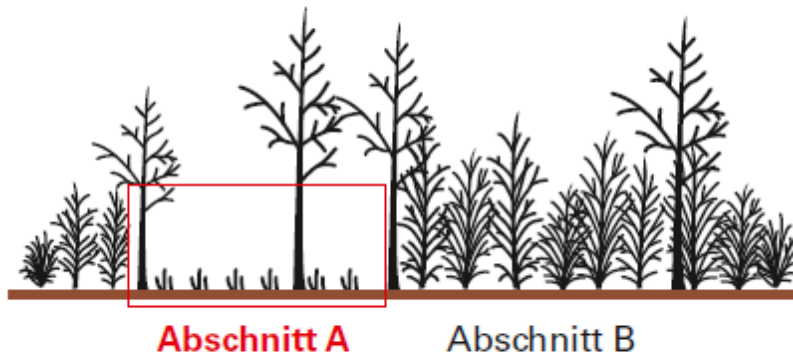
# Hecken und schmale Gehölzstreifen

- abschnittsweises „Auf den Stock setzen“ ca. alle 8-10 Jahre
- Verkahlung des Bestandes verhindern
- wenn Bestand innerhalb des kritischen Abstands (RPS) → Stockdurchmesser max. 8 cm → Einzelhindernisse
- Abschnittslänge max. 50 m, idealerweise kürzer
- je geringer die Gesamtfläche desto kürzer die Pflegeabschnitte, max. 1/3 in einem Pflegegang
- Pflege des nächsten Abschnitts ca. 2-3 Jahre nach dem vorherigen

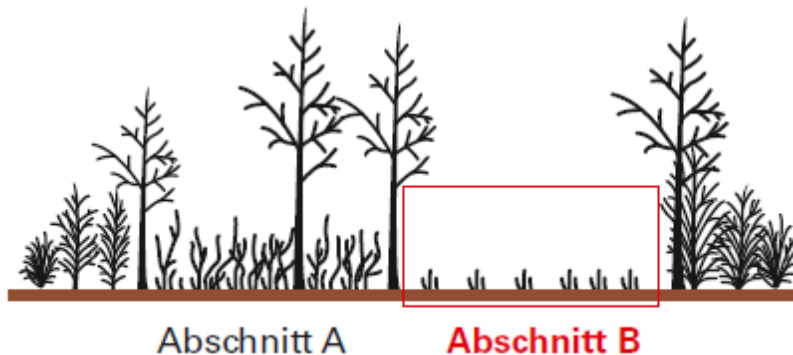
Ausgangszustand



Erster Eingriff



Zweiter Eingriff



# Lineare abschnittsweise Pflege

- Wechselhiebverfahren
  - sukzessive Pflege aneinander grenzender Abschnitte
- besser planbar



# Beispiele – abschnittsweise Pflege



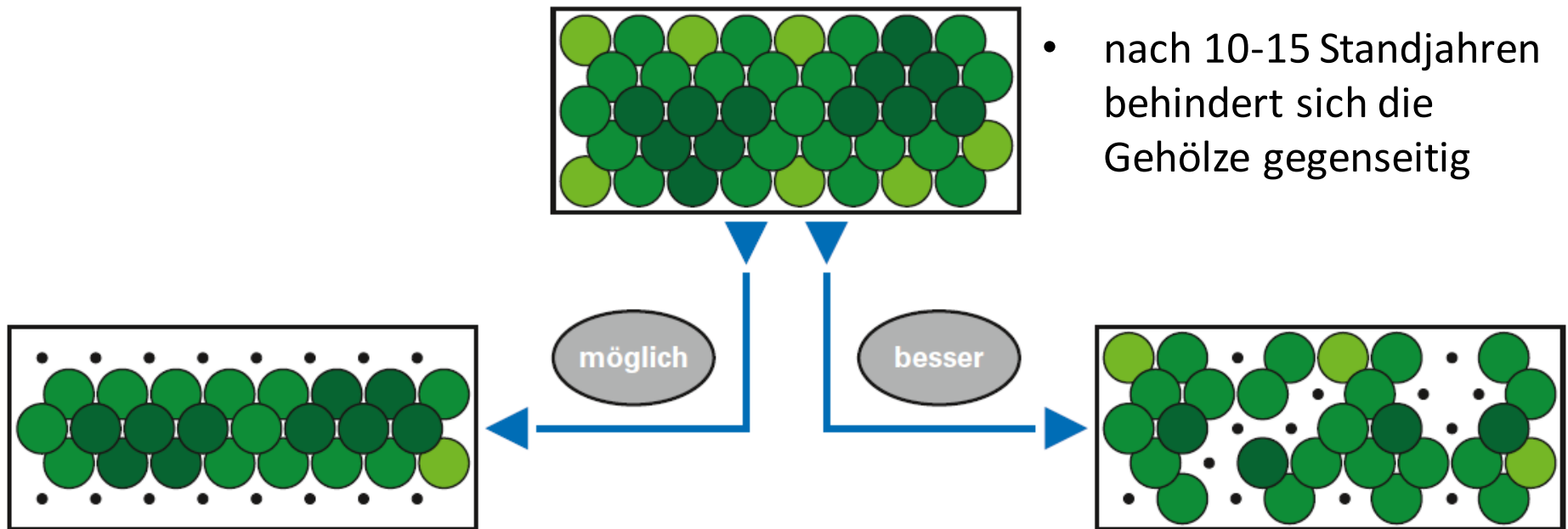




Foto: Joachim Mai



# „Auslichten“ größerer Gehölzflächen



➔ „Auslichten“ des Bestandes (ca. 30 - 50%) sorgt für ausreichend Standraum zur weiteren Entwicklung der Gehölze

# Gestaltung von Gehölzrändern

- bei richtiger Gestaltung und Pflege bieten diese Übergangsbereiche eine hohe Strukturvielfalt und damit vielen unterschiedlichen Arten einen Lebensraum
- gestuften, mehrreihigen Aufbau entwickeln und erhalten
- Aufgelockerter, vielfältiger und tierfreundlicher Gehölzrand umfasst drei Zonen:
  - die Krautzone
  - die Strauchzone und
  - die Baumzone.



# Information der Öffentlichkeitsarbeit

- im Vorfeld zu größeren Gehölzpflegemaßnahmen
- Wo, Was, Warum und Wann
- Hintergründe der abschnittsweisen Pflege werden oft nicht verstanden, Bürger/innen sehen nur was auf einmal weg ist und wundern sich
- Wichtig: Gehölzpflegemaßnahmen idealerweise nicht alle vor Ende des erlaubten Zeitraums (Oktober bis Februar) → zeitliche Häufung im Januar, Februar lässt dies Maßnahmen noch radikaler erscheinen

# Zusammenfassung - Gehölzpflege

- abschnittsweise Pflege mit max. 50 m Abschnittslänge
- standsichere Überhälter belassen
- Öffentlichkeit über größere Gehölzpflegemaßnahmen informieren
- Notwendige Gehölzpflegemaßnahmen nach Möglichkeit über mehrere Monate verteilen
- große Pflegeintervalle erfordern eine langfristig vorausschauende Planung der Pflegearbeiten → Pflegepläne
- zeitliche Festlegung einzelner Pflegearbeiten auf Basis langjähriger Erfahrung, Prüfung der Notwendigkeit vor Ort, ggf. Änderung der Pläne

# Fazit

- Straßenbegleitgrün ist ein wichtiger Lebensraum, insbesondere in strukturarmen Landschaften
- Pflege als maßgeblicher Faktor → Straßenmeistereien und Bauhöfe als Landschaftspfleger
- abschnittsweise Pflege ist die Basis einer ökologischen Regelpflege

# Fazit

- Umstellung der Pflege ist mit Aufwand verbunden
  - Pflegepläne schrittweise entwickeln, Priorisierung
- Bürger/innen über die Hintergründe aufklären
- langfristige Etablierung eines vielfältigen, differenzierten Pflegeregimes
  - Strukturvielfalt → Artenvielfalt

A scenic landscape featuring a road on the left, a green hillside in the background, and a field of wildflowers in the foreground. The text "Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit" is overlaid in white. The foreground is filled with various wildflowers, including purple, pink, yellow, and white blooms. The road is a two-lane asphalt road with a white line. The hillside is covered in lush green trees and grass. The sky is a clear, bright blue.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

# Quellen:

- Verkehrsministerium Baden-Württemberg (2016): Straßenbegleitgrün – Hinweise zur ökologische orientierten Pflege von Gras- und Gehölzflächen an Straßen (<https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/strassenbegleitgruen/> )
- Verkehrsministerium Baden-Württemberg (2016): Straßenbegleitgrün - Handreichung zur Pflege von Grasflächen an Straßen. (<https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/strassenbegleitgruen-handreichung-zur-pflege-von-grasflaechen-an-strassen/> )
- Van de Poel, Dennis; Zehm, Andreas (2014): Die Wirkung des Mähens auf die Fauna der Wiesen - Eine Literaturlauswertung für den Naturschutz. In: *Anliegen Natur* 36 (2), S. 36–51.  
[https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an36208van\\_de\\_poel\\_e\\_t\\_al\\_2014\\_mahd.pdf](https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/doc/an36208van_de_poel_e_t_al_2014_mahd.pdf)