

## 4 Standortökologie – Besonderheiten des Biotops Straßenrand an Autobahnen und Bundesstraßen

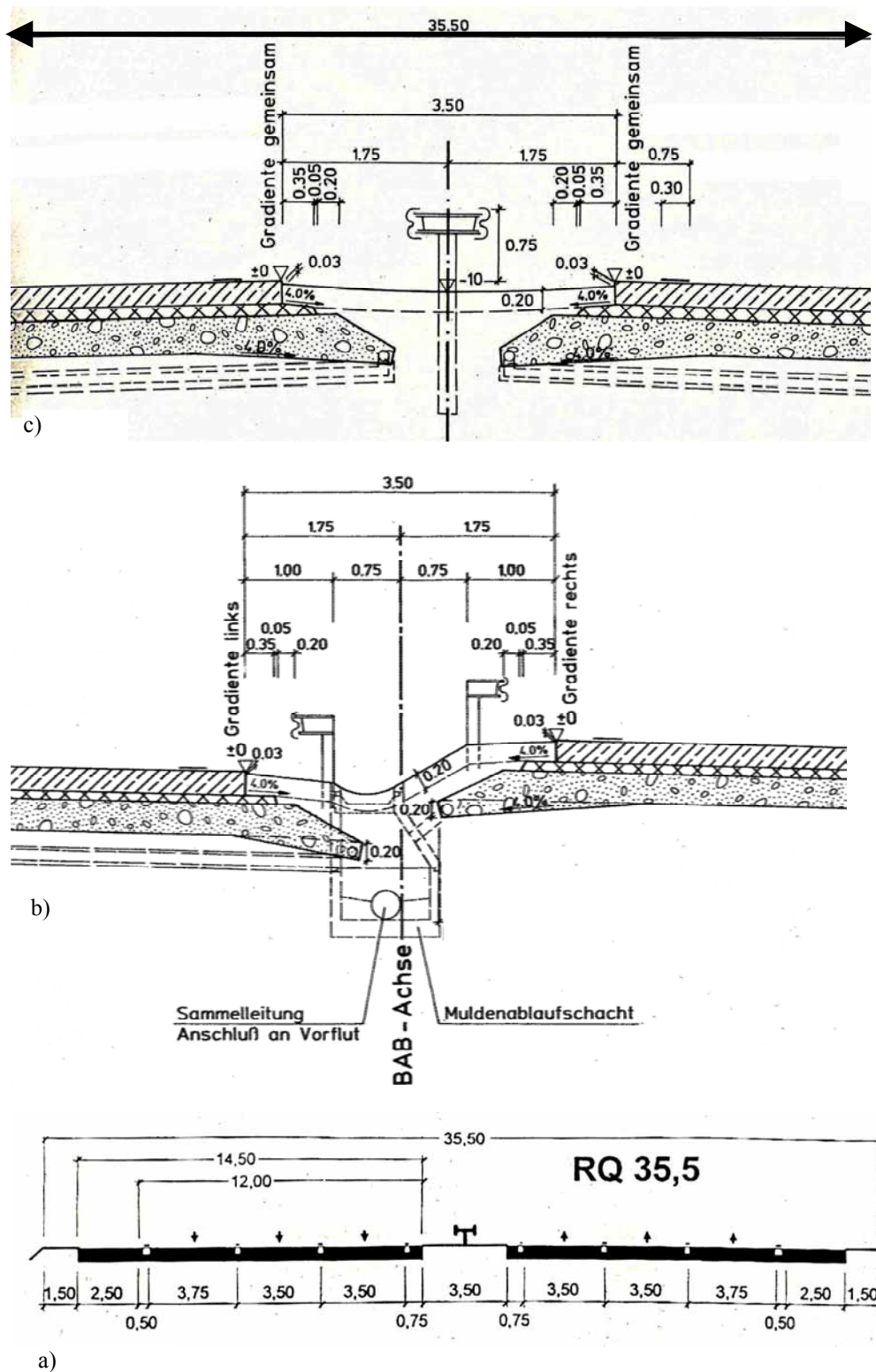
In Deutschland gibt es mehr als 9000 km Autobahnen und ca. 30000 km Bundesstraßen. (Bundesministerium für Verkehr, Stand 1991). Der größte Teil dieser überörtlichen Straßen ist gesäumt von Vegetation, die dort ganz speziellen biotischen und abiotischen Umweltfaktoren ausgesetzt sind.

### 4.1 Straßenprofile von Fernstraßen

Mehrspurige Fernstraßen werden je nach Anzahl der Spuren und nach geologischen Gegebenheiten in bestimmten Profilen und auch bestimmten Standards gebaut. Zur Demonstration ist in Abb. 4.1 der Regelquerschnitt (RQ 35,5) einer 6 spurigen Autobahn mit Standstreifen (Breite 35,5m) gezeigt, wie er z.B. an der A5 zwischen Bühl und Achern verwirklicht wurde. Der Mittelstreifen dient der baulichen Trennung von entgegengesetzt befahrenen Fahrbahnen einer Straße und der Aufnahme von Brückenpfeilern und verkehrstechnischer Ausstattung (Verkehrszeichen, Leitplanke etc.). Die Breite des Mittelstreifens beträgt zwischen 2 und 3,50m – gemessen zwischen den Fahrbahnoberkanten. Wenn, wie in Abb. 4.1 a) gezeigt, die gegenläufigen Fahrbahnen auf gleicher Ebene verlaufen, sind die Fahrbahnen zu den Seitenstreifen hin geneigt (2%), d.h. das Regenwasser wird zu den Banketten hin abgeleitet (s. Abb. 4.2). Die Bankette sind wiederum zu den Mulden geneigt (6%). Der Fahrbahnunterbau läuft keilförmig im Mittelstreifenuntergrund weiter (bei einem 3,50m breiten Mittelstreifen jederseits 1,25m). Der Zwischenraum zwischen den Fahrbahnen ist mit Substrat, meist Mutterboden und Kies im Untergrund verfüllt. Kompost wird hierzu weniger verwendet, da dieser den Pflanzenwuchs zu stark fördert. Es wird darauf geachtet, dass das Substrat, welches zur Befestigung bewachsen sein soll, 3cm unterhalb der Fahrbahnoberkante anschließt, damit Regenwasser ungehindert abfließen kann (FGSV, 1996; JEBE & BORN, 1980).

Dem innenliegenden Fahrbahnrand schließt sich eine 35cm breite und nur ca. 25cm tiefe Zone des bewachsenen Mittelstreifens an, die sich nach 60cm auf 75cm Tiefe erweitert. Erst hiernach ist der Wurzelraum nach unten ohne Begrenzung durch Betonteile.

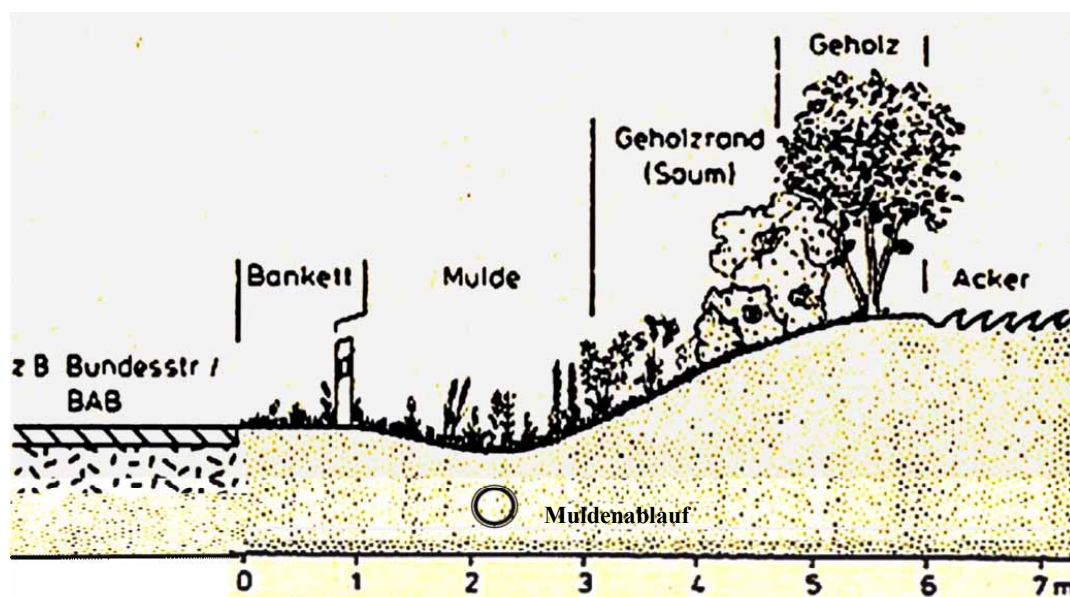
Liegt der Fall vor, dass die beiden Fahrbahnen nicht auf gleicher Ebene liegen (s. Abb. 4.1 b), dann wird die tiefer liegende zum Mittelstreifen geneigt. Das Regenwasser versickert im Substrat des Mittelstreifens und wird dann über Drainagerohre abgeleitet. Bei zusätzlich vorliegendem Längsgefälle der niedriger liegenden Fahrbahn, wird Fahrbahnwasser zusätzlich über Regenrinnen, die unmittelbar an den Fahrbahnrand angrenzen, abgeleitet (nicht gezeigt).



**Abb. 4.1:** a) Regelquerschnitt (RQ 35,5) einer sechsspurigen Autobahn mit Standstreifen; b) Ausschnitt der versetzten Trassenführung (Dammlage); c) Ausschnitt der Trassenführung in Gleichlage; (verändert nach: FGSV, 1996).

Der Mittelstreifen ist in der Regel bepflanzt. Entsprechend der Größe des Wurzelraumes gliedert sich der Mittelstreifen zur Leitplanke hin in eine Kampfzone mit kleinwüchsigen Gräsern, einer Therophytenzone und einen Übergang zu mehrjährigem, meist gepflanztem Strauchwerk, welches zwischen den Leitplanken wächst. Als Straßenunterbau liegt meist Schotter, der für die notwendige Festigkeit und einem relativ schnellen Versickern des Oberflächenwassers sorgt (SCHMIDT & STOTTELE, 1988).

In Abb. 4.2 ist der Randstreifen schematisch dargestellt. Der Seitenstreifen besteht aus einem abschüssigen Bankett (ca. 6 bis 12% Neigung), welches in etwa von den Leitpfosten begrenzt wird. Hiernach schließt sich ein Seitenstreifen mit Rasenfläche an, der muldenförmig ausgebaut ist, und unter dem im Untergrund ein Drainagerohr zum Abführen des Fahrbahnwassers verläuft. Hieran schließt sich häufig eine Böschung an, die von einem Gehölzsaum und dem Gehölzstreifen begrenzt wird.



**Abb. 4.2:** Darstellung einer typischen Zonierung des Randstreifens von Bundesautobahnen (BAB) und Bundesstraßen (verändert nach SCHMIDT & STOTTELE, 1988).

## 4.2 Pflegemaßnahmen der Straßenbegleitflächen

Grünflächen entlang der Straßen werden in einen intensiv und einen extensiv gepflegten Bereich eingeteilt:

Der Intensivbereich umfasst Rasenflächen, die im Bereich von Rastanlagen liegen, oder aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Wasserabflusses (unbefestigte Bankette und Trennstreifen) niedrig zu halten sind. Die Mahd erfolgt zwei- bis dreimal pro Jahr. Im Intensivbereich wird das Mähgut entfernt, um eine Nährstoffanreicherung, der Erstickung der Untergräser, ein Verwehen des Schnittgutes auf die Fahrbahn oder ein Verstopfen der Entwässerungseinrichtungen zu vermeiden. Deshalb wird das Mähgut an zugänglichen Stellen mit einem Saugmäher, der aus einem Antriebsfahrzeug mit beweglichem Mähkopf und einem geschlossenen Anhänger für die Aufnahme des Mähguts besteht, in einem Arbeitsgang gemäht, aufge-

nommen und abtransportiert. Das Grüngut wird anschließend kompostiert. Der fertige Kompost wird wegen dem erhöhten Schadstoffgehalt ausschließlich in Straßenebenenflächen eingesetzt (pers. Mitt. HÄRLE, Landesamt f. Straßenwesen, 2000); FRITSCHKE & BECKER, 1992). Die Mulden des Straßengrabens werden in größeren Abständen mit Saugbaggern vom Müll gereinigt (SCHMIDT & STOTTELE, 1988).

Der Mittelstreifen zählt auch zum Intensivbereich. Die Pflegemaßnahmen entlang des linken Fahrbahnrandes an Autobahnen und vielbefahrenen Bundesstraßen werden aus Sicherheitsgründen meist auf *ein* Mähintervall im Spätsommer reduziert.

Zum Extensivbereich werden alle übrigen Flächen gezählt, die aus Gründen der Landschaftspflege, der Ingenieurbiologie oder des Nachbarschaftsrechtes i. d. R. ein- bis zweimal pro Jahr gemäht werden. Die Vegetation wird dort mit einem Randstreifenmäher (Mähbalken, Sichelmäher oder Sichelmäherwerk) oder von Hand abgemäht und liegengelassen (gemulcht).

### 4.2.1 Spezielle Bankettpflege

Durch Verunreinigungen und Ablagerungen, welche im wesentlichen aus Vegetationsrückständen und Straßenschmutz bestehen, erhöhen sich die Bankette im Laufe der Jahre. Ein rasches Abfließen des Wassers in die Gräben ist deshalb nicht mehr gewährleistet. Das Bankett muss auf einer Breite von ca. 80cm periodisch alle drei bis acht Jahre abgefräst bzw. abgeschält werden. Hierzu schält ein Bankettfräser 3 bis 5cm der obersten Vegetations- und Bodenschicht ab. Dadurch entstehen regelmäßig Pionierstandorte.

## 4.3 Schadstoffeintrag in Straßenbegleitflächen

Die Straßenrand-Vegetation wird in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens durch Immissionen direkt (Abgase, Stäube) oder indirekt über den Boden in Mitleidenschaft gezogen. Ein direkt und indirekt auf die Vegetation einwirkender Faktor ist das Streusalz.

### 4.3.1 Salz-Immissionen in Straßenbegleitflächen

Die Salzimmissionen hängen natürlich von der Länge der Streuperiode, d.h. von der Härte der Winter, ab. Wie in Abb. 4.3 und 4.4 gezeigt, war in Baden-Württemberg der Winter 97/98 besonders mild, der Winter 98/99 relativ hart; der Gesamt-Salzverbrauch von Kalziumchlorid ( $\text{CaCl}_2$ ) und Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ) unterschied sich demgemäß in diesen beiden Wintern um den Faktor 3,6. Außerdem sind regionale Unterschiede entsprechend den Klimaräumen deutlich – Autobahnmeistereien auf der Schwäbischen Alb oder im Schwarzwald müssen mehr Streugut pro Bewertungskilometer (Fahrbahnkilometer plus Zufahrtswege und Parkanlagen) aufwenden als z.B. im südlichen Oberrhein-Tiefland. Hier beläuft sich die Differenz im Verbrauch zwischen den Autobahnämtern Heidenheim und Karlsruhe auf den Faktor 5,5.

Tendenziell hat sich die eingesetzte Salzmenge in den vergangenen Jahren auch wegen effektiveren Dosierungsmöglichkeiten, gezielterem Einsatz durch genauere Straßenvorhersagen und Verwendung von Feuchtsalz (Zusammensetzung: 70%  $\text{NaCl}$ , 6%  $\text{CaCl}_2$ , 24%  $\text{H}_2\text{O}$ ) reduziert. Der Einsatz von Feuchtsalz hat als Vorsorgemaßnahme bei angesagtem Eisregen und als

besser haftendes Streugut zu Einsparungen um 30% geführt, weil weniger Verlust durch Verdriften von Salzkörnchen auftritt. Abstumpfende Mittel werden aus Sicherheitsgründen nicht mehr eingesetzt. Andere Substanzen wie Technischer Harnstoff, Ammonium-Salze, Phosphate oder Alkohole werden wegen ihrer eutrophierenden und Grundwasser-gefährdenden Wirkung sowie aus Kostengründen nur an Sonderstandorten (z.B. Flughäfen) verwendet (FRITSCHÉ et al., 1992; BROD, 1991 u. 1993; GSF-Forschungszentrum, 2000; pers. Mitt. HÄRLE, Landesamt f. Straßenwesen, 2000).

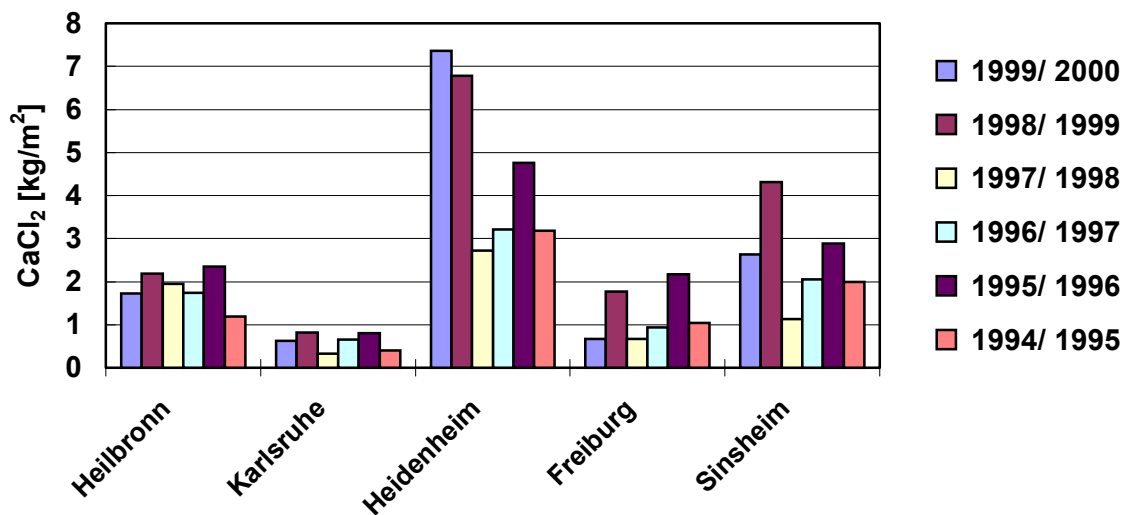


Abb. 4.3: CaCl<sub>2</sub> auf den Autobahnen und Zufahrtswegen (Bewertungskilometer) der Autobahnämter in Baden-Württemberg zwischen 1994 und 2000 (HÄRLE, pers. Mitt.).

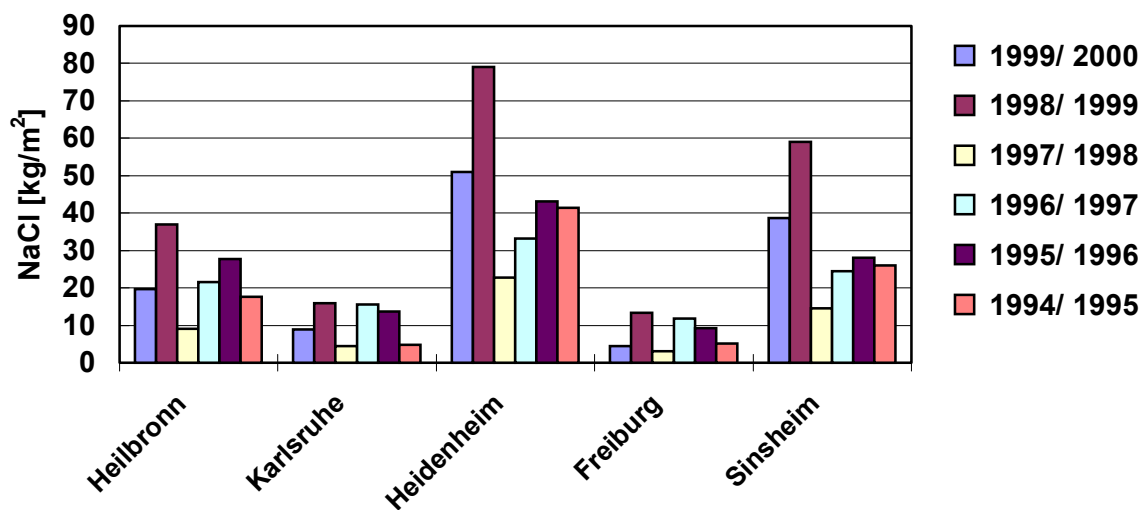


Abb. 4.4: NaCl-Ausbringung auf den Autobahnen und Zufahrtswegen (Bewertungskilometer) der Autobahnämter in Baden-Württemberg zwischen 1994 und 2000 (HÄRLE, pers. Mitt.).

Da aber Salz leicht löslich ist, kommt es in unserem humiden Klima zu einer raschen Auswaschung im Boden. Dennoch sind v.a. perennierende Pflanzen während der Winterzeit den Salzmengen ausgeliefert, was salztolerante Pflanzen begünstigt, wie am Beispiel des an Küsten- und Binnensalzstellen vorkommenden Salzzeigers, des Salzschwadens (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.), zu ersehen ist. Er wächst häufig in der Kampfzone der Bankette größerer Straßen. An kleineren Landstraßen ist die Halophilie des Salzschwadens besonders deutlich zu erkennen, da er regelmäßig nur an der geeigneten Fahrbahnseite und in der Innenseite von Kurven wächst, wo in der Winterzeit salziges Fahrbahnwasser versickert (persönl. Mitt. Prof. Dr. SEYBOLD, STU).

Auf die Fahrbahn ausgebrachte Salze werden entweder gleich beim Ausbringen von der Fahrbahn in die angrenzenden Grünflächen geweht oder bilden mit Eis und Schnee eine Lösung, die entweder flächig in benachbarte Mulden abläuft oder über die Verkehrsgischt – als Spritzwasser, Sprühnebel oder Stäube – in den Straßenrandbereich gelangt. Die Menge der Verkehrsgischt liegt bei bis zu 15% (BROD, 1991). Spritzwasser weist aufgrund der relativ großen Tropfengröße eine Reichweite von nur wenigen Metern auf. Stäube und Sprühnebel erreichen wegen der geringen Partikel- bzw. Tröpfchengröße höhere Luftschichten und können über einige Dutzend Meter weit verdriften. Besonders in feuchter Deposition kann Salz an Pflanzen haften bleiben, bis es durch Regen abgewaschen wird. In den der Fahrbahn benachbarten Flächen kommt es also zu einer Anreicherung v.a. durch Na- und Cl-Ionen. Am Mittelstreifen einer französischen Autobahn gelangte zwischen 4,3% bis 13,3% der gestreuten Salzmenge auf den 5m breiten Mittelstreifen (AUGUSTIN et al., 1981).

Zum Zeitverlauf der Auswaschung gibt es unterschiedliche Angaben (AUGUSTIN et al. 1981: 133). Der Auswaschvorgang entspricht einer Wanderung der Na<sup>+</sup>- und Cl<sup>-</sup> Spitzen in tiefere Erdschichten. In einem Versuch von KREUZER (1978) in Lößlehm-Parabraunböden betrug die Wanderungsgeschwindigkeit beider Ionen ca. 40cm pro Vierteljahr. Durch wiederholte Streusalzanwendung kommt es aber zu einer Akkumulation von Natrium, so dass zwar die Konzentration im Oberboden periodisch abnimmt, das generelle Niveau mit dem Alter der Straße jedoch stetig ansteigt (HUTCHINSON in AUGUSTIN et al., 1981: 136).

**Tab. 4.1:** Empfohlene Mengen an ausgebrachten Streustoffen pro Einsatz und Quadratmeter in Abhängigkeit des Straßenzustandes (Merkblatt für den Winterdienst auf Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften, FGSV Verkehrsführung u. Verkehrssicherheit, 1984):

Fahrbahnzustand	NaCl-Menge [g/m <sup>2</sup> ]
<b>trocken</b>	5- 10
<b>feucht</b>	max. 10
<b>nass</b>	max. 15
<b>bei Schneefall</b>	10

#### 4.3.2 Auswirkung des Salzeintrages auf den Boden

Böden sind von ihrem geologischen Ausgangsmaterial abhängig und in ihrer Struktur verschieden. Durch Einwirkung von Salz ändern sich unabhängig davon einige Bodenparameter: die Ionenkonzentration erhöht sich, der pH-Wert ändert sich (i.d.R. Alkalisierung). An streusalzbeeinflussten Standorten liegen die pH-Werte um 0,5 über denen der Kontrollflächen (AUGUSTIN et al., 1981).

Die Natriumionen lagern sich an negativ geladene Bodenaustauscher, z.B. organische Substanzen (Humusstoffe) und Tonmineralien. Durch das Überangebot von Natriumionen werden Nährstoffe (z.B. Magnesium, Kalium) von den Austauschern verdrängt und daher anschließend ausgewaschen. Sie stehen den Pflanzen somit nicht mehr zur Verfügung. Eine alkalische Bodenreaktion bewirkt eine Abnahme der Pflanzenverfügbarkeit besonders der Elemente Mangan, Eisen, Zink und Bor.

Bedingt durch die Natriumsättigung der Bodenpartikel nimmt das Porenvolumen ab. Es kommt zu einer Verschlammung und Verdichtung der Böden, sodass die Wasserbeweglichkeit gehemmt und die Durchlüftung verringert ist. Bodenverdichtung und mangelnde Durchlüftung können zu Denitrifikation führen.

### 4.3.3 Schädigung der Pflanzen durch Salz

Hierbei müssen zwei Möglichkeiten unterschieden werden: Schäden infolge der Ionenanreicherung im Boden und Kontaktschäden.

Bodenversalzung geht einher mit der Erniedrigung des osmotischen Potentials des Bodens mit der Folge, dass Pflanzen nicht ausreichend Wasser aufnehmen können.

Durch Änderungen des Nährstoffgehaltes (Ionen-Zusammensetzung) können Mangelzustände auftreten. Eine Alkalisierung der Böden kann sekundär durch die Schädigung der Mykorrhiza, auf welche die meisten Pflanzenarten angewiesen sind (Ausnahmen hiervon z.B.: Chenopodiaceen), ebenfalls eine gestörte Nährstoffversorgung bewirken. Die veränderte Bodenstruktur behindert zudem die Wurzelatmung. Die Folgen können Wuchsdepressionen sein.

Kontaktschäden sind Auswirkungen von Salz direkt auf oberirdische Pflanzenorgane. Sie sind während der Winterruhe hauptsächlich auf Knospen von Laubgehölzen beschränkt. Nach dem Frühljahrsaustrieb sind die Schadwirkungen jedoch durch Salzkontakt erheblich schwerwiegender. Es kommt zu osmotisch bedingten Ätz- und Verbrennungsschäden (Nekrosen) (HOCK, 1982; FRITSCHKE et al., 1992; BROD, 1993).

### 4.3.4 Andere Immissionen

Die Kontamination der straßennahen Böden durch die Fahrzeuge ist vielfältig (s. Tab. 4.2). Problem ist, dass viele Stoffe, insbesondere Schwermetalle, im Boden akkumuliert werden – das Ausmaß ist abhängig vom Alter der Straße und vom Verkehrsaufkommen. Im Gegensatz zu Natrium-, Chlorid- und Calcium-Ionen, welche leicht wasserlöslich sind und deren Konzentrationen im Boden in Abhängigkeit der Niederschläge relativ schnell wieder abnehmen, liegen die Schwermetalle meist partikelgebunden im Boden vor. Eine Lösung oder Remobilisierung in straßenbegleitenden Böden ist vernachlässigbar. Nur Cadmium weist eine höhere Löslichkeit auf (ca. 40% ist nicht partikulär; REINIRKENS, 1992). Beispielsweise werden trotz Einführung von bleifreiem Benzin die Böden langfristig bleibelastet bleiben. Reifenabrieb (Anteil am straßennahen Oberboden ca. 2%) soll durch Destruenten teilweise abgebaut werden (REINIRKENS, 1992).

Schadstoffmessungen am Mittelstreifen wurden bisher noch nie in Deutschland vorgenommen; vorliegendes Datenmaterial stammt von Seitenstreifen u.a. straßen nahen Flächen (persönl. Mitt. Dr. SCHWEIKERT, LFU Karlsruhe).

**Tab 4.2:** Schadstoffe und deren Herkunft im Autobahnbereich (nach FRITSCHKE et al., 1992; UNGER et al., 1992):

Herkunft	Schmutz- und Schadstoffe
Abgase	Blei, Nickel, Schwefeldioxid, Stickoxide, Kohlenmonoxid, Ruß, Phenole, Kohlenwasserstoffe
Fahrbahnabrieb	Silicium, Calcium, Magnesium, org. Verbindungen, Bitumen, Schwermetalle (bei Einarbeitung von kontaminierten Schlacken )
Reifenabrieb	Cadmium, Zink, Ruß, org. Substanzen, Kautschuk, Schwefel, Blei, Chrom, Kupfer, Nickel
Bremsen	Chrom, Kupfer, Nickel, Stäube, Blei, Zink, Asbest
Tropfverluste	Blei, Nickel, Zink, org. Stoffe, Öle, Fette, Kohlenwasserstoffe, PAK, Phenole, Kupfer, Vanadium, Chrom
Streumittel	Natrium, Calcium, Magnesiumchlorid, Splitt, Sand,

#### 4.4 Bedingungen für die Vegetation am Mittel- und Seitenstreifen

Die Bankette stellen zweifellos extreme und naturferne Standorte für Pflanzen dar. Am Mittelstreifen herrschen wechselfeuchte Bedingungen, da bei Niederschlägen große Wassermassen zu Staunässe führen oder in Trockenperioden nur geringe Wasserspeicherung (Kiesuntergrund und begrenzter Wurzelraum) möglich ist. Die Vegetation setzt sich meist aus Wechselfeuchte-Zeigern zusammen (z.B. *Agropyron repens*, *Sonchus arvensis*, *Agrostis stolonifera*, *Ranunculus repens*, *Equisetum arvense*). In Trockenzeiten wird der Trockenstress durch erhöhte Salzkonzentrationen im Boden eine verstärkte Transpiration durch ständige Luftbewegungen (Schneisen-Effekt und Fahrtgeschwindigkeit der Fahrzeuge) und starke Sonneneinstrahlung verstärkt.

Durch das Schälen des Banketts werden regelmäßig Pionierstandorte geschaffen (s. 4.2.1), die bevorzugt von Therophyten (z.B. *Tripleurospermum inodorum*, *Chenopodium album*, *Capsella bursa-pastoris*, *Atriplex spec.*) oder Geophyten mit tiefgehenden Rhizomen (z.B. *Agropyron repens*, *Convolvulus arvensis*, *Equisetum arvense*) besiedelt werden. Der rechte Intensivpflege-Seitenstreifen wird mehrmals im Jahr gemäht. Hier sind regenerationsfreudige Arten (z.B. *Agropyron repens*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*) im Vorteil.

Durch gelegentliches Befahren der Bankette kommt es zu mechanischen Belastungen und Bodenverdichtungen. Deshalb sind dort viele trittfeste Arten vorhanden (z.B. *Plantago major*, *Polygonum aviculare*, *Poa annua*, *Matricaria discoidea*, *Lolium perenne*).

Die Pflanzen müssen mit den Veränderungen der Bodenparameter (Verschlämmung, pH-Wert-Erhöhung, Nährstoffveränderung) zurechtkommen.

Pflanzen, welche auf keine Mykorrhiza angewiesen sind (z.B. Brassicaceae, Caryophyllales: u.a. Chenopodiaceae), sind weniger empfindlich. Pflanzen und Pflanzensippen, welche an die vielfältigen Schadstoffe (permanent vorhandene Schwermetallbelastungen und saisonal schwankende Taumittel-Konzentrationen) adaptiert sind, sind dort häufig vertreten (z.B. halotolerante Arten: *Plantago major*, *Sonchus arvensis*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*, *Cirsium arvense*, *Agrostis stolonifera*, *Rumex crispus*, *Leontodon autumnalis*; halophile Arten: *Puccinellia distans*, *Salsola kali*; bleitolerante Populationen von *Anagallis arvensis*).

Die Randbereiche von Straßen, v.a. der Mittelstreifen, sind meist sonnige Standorte, da größere schattenspendende Gehölze fehlen. C3-Sonnenpflanzen oder gar C4-Pflanzen haben hier gute Konkurrenzfähigkeit gegenüber Schattenpflanzen.



## 4.5 Verbreitung der Samen von *Atriplex micrantha* am Mittel- und Seitenstreifen

Zunächst bringt diese Art wie auch andere *Atriplex*-Arten sehr viele Samen hervor (r-Strategie). Die braunen Samen keimen gleich im nächsten Jahr aus, die schwarzen stellen die Langzeitstrategie dar – sie überdauern mehrere Jahre und warten auf günstige Bedingungen. Der Vegetationszyklus dieser annuellen Art ist vergleichsweise lang, da die Blüte und Samenreife erst im Spätsommer und Herbst stattfindet. Dass sie sich aber dennoch so zahlreich am Mittelstreifen ausbreiten konnte, liegt v.a. an der meist nur einmal pro Jahr durchgeführten Mahd (s.o.) und der Regenerationsfähigkeit nach einer Mahd.

Bei der Verbreitung der Samen an Straßen sind mehrere Möglichkeiten denkbar:

- Durch den Wind – Straßen stellen durchgängige Schneisen für natürliche Windströmungen dar. Da die Samen von *Atriplex micrantha* und *sagittata* größtenteils zusammen mit und in den Vorblättern verbreitet werden, ist die Angriffsfläche für Wind relativ groß. Hierdurch können die Diasporen über kurze Strecken verweht werden. Hinzu kommt, dass die Diasporen noch viele Wochen bis Monate nach dem Reif- und Trockenhäutigwerden an der Mutterpflanze verharren und sich erst nach kräftigerem Rütteln – was natürlicherweise nur bei Wind- oder Tierkontakt der Fall ist – loslösen. Hierdurch erhöht sich die Chance in weiterer Distanz zu der Mutterpflanze niederzufallen. RIDLEY (1990) beobachtete, dass die Samen der ähnlich hohen Gartenmelde 10m weit verweht wurden.

Bei Nässe hingegen können die Vorblätter über ihre flachen Oberflächen an ebenen Unterlagen haften.

- Verschleppung von Samen durch Mäuse, die in hoher Anzahl am Mittelstreifen vorkommen (pers. Mitt. HÄRLE, Landesamt f. Straßenwesen, 2000). In eigener Untersuchung von Exkrementen von *Atriplex*-Samen-fressenden Mäusen konnten jedoch in ca. 400 Kotballen keine keimfähigen Samen gefunden werden.

- Verdriftung der Samen entlang der Fahrbahnen durch den Fahrtwind der Fahrzeuge. Die Früchte in den Vorblättern der bis zu 2m hohen Pflanzen haben gute Chancen beim Herabfallen vom Fahrtwind erfasst zu werden (s. u.).

- Verschleppung der Samen über die Mähmaschinen

- Ausbringen von Samen über Kompost, welcher aus Grüngut fahrbahnbegleitender Flächen gewonnen wurde und wieder auf diese Flächen ausgebracht wird (Kreislaufwirtschaft). Besonders die über mehrere Jahre keimfähig bleibenden schwarzen Samen, könnten eine Kompostierung unbeschadet überstehen.

- Verschleppung durch Fahrzeuge. Die Haftung der Samen im Reifenprofil oder das Klebenbleiben der Vorblätter mit eingeschlossenem Samen bei feuchter Witterung an der Karosserie ist denkbar. Die Haftung von *Atriplex*-Diasporen an Schuhsohlen ist aus eigener Erfahrung bemerkenswert stabil.

Besonders zwischen den Leitplanken des Mittelstreifens oder anderen Leitplanken-begrenzten Trennstreifen (z.B. Zufahrtswege zu Tank- und Rastanlagen) kann *Atriplex micrantha* angetroffen werden, welche dort Wuchshöhen bis 2,50m erreichen kann. Hinter den Leitplanken und dort besonders hinter den Pfosten und oft noch zwischen Gebüsch, kann nicht so gründ-

lich gemäht werden wie im Bankettbereich – zumal der Mähvorgang weitgehend automatisiert ist (s. Kap. 4.2).

Auch im Bankettbereich wird die Melde oft rasenartig angetroffen, bleibt dort aber aufgrund des geringeren Wurzelraumes und stärkerer Straßenbeeinflussung niedriger und wird durch Pflegeaktionen kurzgehalten.

Bei den Kartierfahrten konnte in Dutzenden von Fällen beobachtet werden, dass unmittelbar kurz vor und hinter Brückenpfeilern Ansammlungen von *Atriplex micrantha* wuchsen. Oft waren diese die einzig größeren Vorkommen an ansonsten gepflegten Mittelstreifen. Die sich aufdrängende Vermutung, dass diese Stellen besonders salzreich seien, weil das Fahrbahnwasser der Brücke auf den Mittelstreifen der darunter liegenden Straße geleitet wird und dort versickert, stimmt höchstens bei sehr alten Brücken. Die Entwässerung von moderneren Brücken erfolgt über die Kanalisation, und falls aus baulichen Gründen über den Mittelstreifen entwässert werden muss, dann über Fallrohre, die dort direkt in die Kanalisation münden (persönl. Mitt. Herr LANG, Ref. Brückenbau, Landesamt für Straßenwesen).

Es könnte aber sein, dass die Brücken-nahen Standorte, bedingt durch die Schirmwirkung der Brücken, besonders trockene Standorte darstellen. Zudem könnte der Raum hinter einem Brückenpfeiler windberuhigt sein, sodass dort verwehte Früchte bevorzugt deponiert werden.

#### 4.5.1 Einige theoretische Überlegungen zu der Verdriftung von Diasporen durch die von Fahrzeugen erzeugten Geschwindigkeitsfelder

Fahrzeuge induzieren in ihrer Umgebung jeweils ein Geschwindigkeitsfeld, das sich mit denen anderer Fahrzeuge – entweder den nachfolgenden Fahrzeugen gleicher Fahrtrichtung oder den entgegenkommenden – überlagert. Messungen im Windkanal gibt es diesbezüglich offensichtlich nicht (pers. Mitt. Prof. Dr. WIEDEMANN, Universität Stuttgart, Windkanal).

Der Mittelstreifen ist meist mit Leitplanken und Sichtschutz ausgestattet, die eine gewisse Barriere für die entgegengesetzten induzierten Strömungs- bzw. Geschwindigkeitsfelder darstellen. Hierdurch besteht jederseits des Mittelstreifens eine Dominanz eines Geschwindigkeitsfeldes.

Die durch das Vorbeifahren von Fahrzeugen auftretenden Strömungs-Geschwindigkeiten, v.a. die kurzzeitig auftretenden Geschwindigkeitsmaxima, sind abhängig

- von der Fahrtgeschwindigkeit der Fahrzeuge (bei Autobahnen auf der linken Fahrspur >120 km/h) und der Anströmgeschwindigkeit des Fahrzeugs durch den natürlichen Wind.
- von der Kontur des Fahrzeuges, was am  $c_w$ -Wert (4.1) des Automobils abzulesen ist, welcher bei Lastkraftwagen größer als bei Autos ist.
- von dem Abstand zum Fahrzeug.
- vom Abstand des Fahrzeugbodens vom Untergrund

Berechnung des  $c_w$ -Wertes:

$$c_w = c_{Sog} + c_K + c_R \quad (4.1)$$

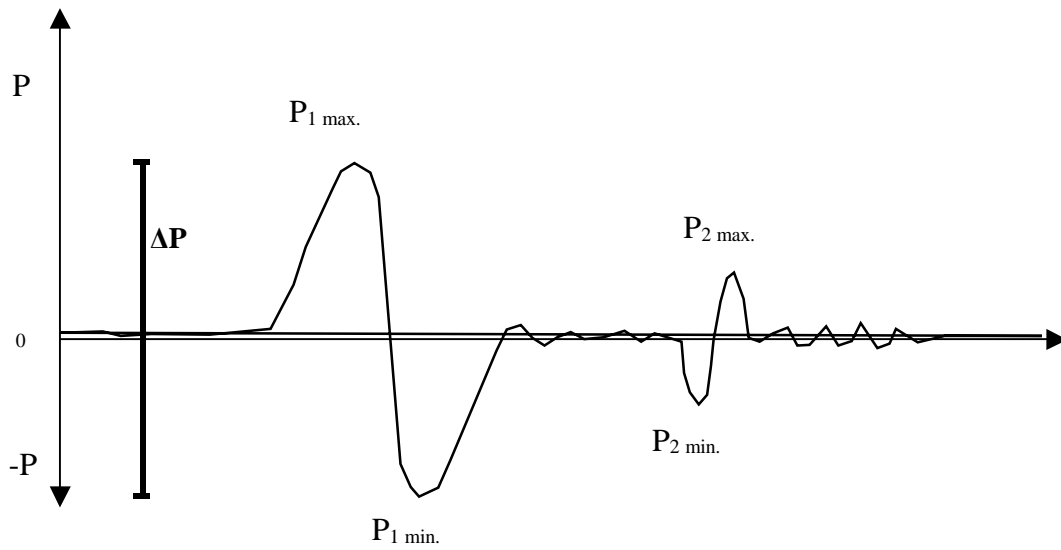
$c_{Sog}$  = Sogwiderstand am Fahrzeugende;  $c_K$  = Widerstand am Kopf;  $c_R$  = Reibungswiderstand

Der Druckverlauf, den ein Schienenfahrzeug an dem Fenster eines auf der Gegenfahrbahn stehenden Wagens bei der Vorbeifahrt hervorruft (GAILLARD, 1973; Abb. 4.5), scheint mir den prinzipiellen Ablauf der Druckänderungen wiederzugeben, die von LKWs, Bussen bzw. Autos induziert werden. Die Phase zwischen Minimalem ersten Druck ( $P_{1 \text{ min.}}$ ) und maximalem Druck ( $P_{2 \text{ max.}}$ ) sind entsprechend der Fahrzeuglänge kürzer, die einzelnen Druckschwankungen unterschiedlich in der Stärke.

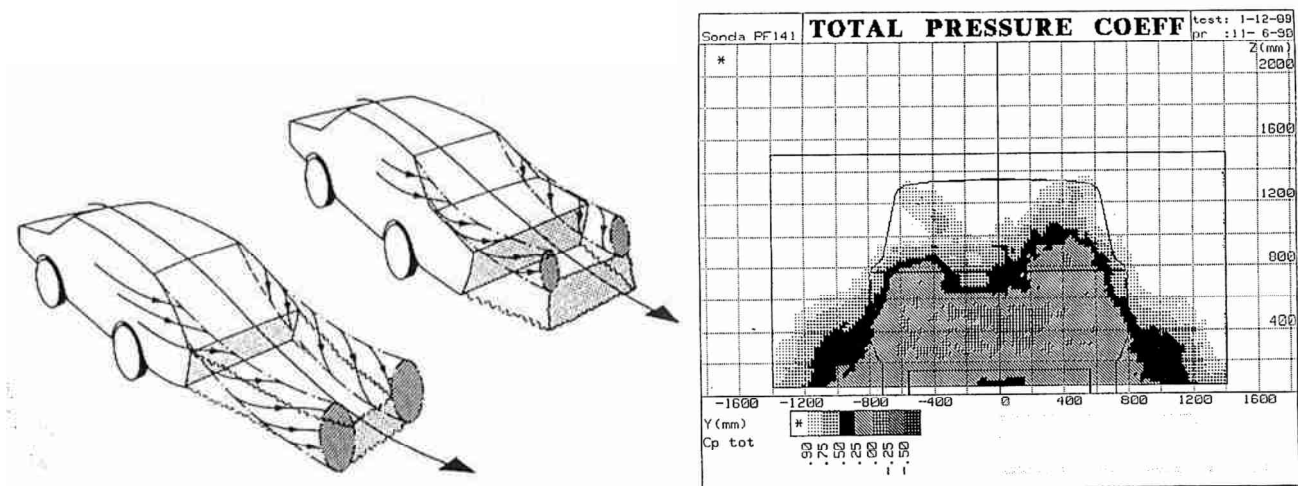
Die auftretenden Geschwindigkeitsfelder lassen sich in drei Phasen unterteilen (nach GAILLARD, 1973 und HUCHO, 1999):

1. Die Verdrängungsphase am Fahrzeugkopf.  
Hierbei geht dem Fahrzeug durch Verdrängung der Luft eine Stauzone mit erhöhtem Druck – ähnlich der Bugwelle eines Schiffes – voraus ( $P_{1 \text{ max.}}$  in Abb. 4.5). Beim Vorbeifahren an Gegenständen wie z.B. größeren Pflanzen, würden diese in Fahrtrichtung mitgerissen.
2. Der Stauzone folgt ein Abfallen des Druckes durch die heftige Ausweichbewegung der vom Fahrzeugkopf verdrängten Luft. Der Gegenstand würde entgegen der Fahrtrichtung zurückgerissen ( $P_{1 \text{ min.}}$  in Abb. 4.5).
3. Nach diesem heftigen Druckwechsel würde sich bei langen Fahrzeugen wie z.B. LKWs oder Zügen Druck auf den Umgebungsdruck einpendeln (Phase zw.  $P_{1 \text{ min.}}$  und  $P_{2 \text{ min.}}$  in Abb. 4.5), der bis zum Fahrzeugende erhalten bleibt. Ein Gegenstand würde in Fahrtrichtung bewegt.
4. Schließlich liegt quasi im Schlepptau des Fahrzeugs ein dem bei Schiffen vorkommenden Totwasser analoger Zustand vor: ein starker Unterdruck ( $P_{2 \text{ min.}}$ ). In diesen hinein bilden sich am Fahrzeugende zwei gegenläufig zirkulierende Wirbel aus (s. Abb. 4.6 a). Die Ausprägung dieser Wirbel ist abhängig von der Form des Hecks. Diese relativ kräftigen Wirbel haben Sogwirkung, welche sich über die Grenzen der Fahrzeugbreite auf die Seite hin ausdehnen (s. Abb. 4.6 b). Ein Gegenstand am Fahrbahnrand würde in Richtung des Fahrzeugs mitgerissen werden ( $P_{2 \text{ max.}}$  in Abb. 4.5).

Der rasche Wechsel der positiven und negativen Drücke beim Vorbeifahren der Fahrzeuge führt am Fahrbahnrand zum „Verschütteln“ der Pflanzen, von denen sich hierbei Diasporen lösen, welche mit dem Fahrtwind mitgeschleppt werden können. Die Größenordnung der Strömungsgeschwindigkeiten, welche in ungefähr einem Meter Seitenabstand auftreten, wurden von Prof. Dr. WIEDEMANN (Univ. Stuttgart, Windkanal) auf 25% der Fahrzeuggeschwindigkeit in Fahrtrichtung ( $P_{1 \text{ max.}}$  in Abb. 4.5), 5% der Geschwindigkeit entgegen der Fahrtrichtung ( $P_{1 \text{ min.}}$ ) und 20% wieder in Fahrtrichtung ( $P_{2 \text{ max.}}$ ) geschätzt (!).



**Abb. 4.5:** Zeitlicher Verlauf der Druckwelle bei der Vorbeifahrt eines Schienenfahrzeugs an einem Wagenfenster eines feststehenden Wagens auf der Gegenstrecke (verändert nach GAILLARD, 1973).



a)

b)

**Abb. 4.6:** a) Wirbelbildung im Schlepptau von fahrenden Autos; b) Druckverteilung in 0,5m Abstand hinter einem Automobil mit Stufenheck, gemessen in einem Windkanal (verändert nach HUCHO, 1999).

## 4.6 Besondere Eignung von *Atriplex micrantha* für den Randstreifen-Standort

*Atriplex micrantha* eignet sich für den Extremstandort Rand- bzw. Mittelstreifen wegen folgender Eigenschaften:

- fakultative Halophilie (S-Strategie\*),
- Tiefwurzler; Ausbildung einer Pfahlwurzel, die in tiefere Erdschichten eindringt,
- C3-Sonnenpflanze: hohe Photosyntheseleistung an vollsonnigen Standorten,
- schwach sukkulente Blätter mit transpirationsverringender Oberfläche (weißliche Beschülferung und wachsartigem Überzug (glänzend!). (S-Strategie\*),
- keine Symbiose mit und damit Abhängigkeit von einer Mycorrhiza,
- bevorzugt gestörte Standorte, wie sie durch Bankettschälung regelmäßig erzeugt werden (r-Strategie\*\*),
- Therophyt mit hoher Samenproduktion (r-Strategie\*\*),
- (schwarze) Samen bleiben mehrere Jahre keimfähig,
- Regenerationsfähigkeit: Wiederaustrieb an den Knoten nach Abmähen des Hauptsprosses,
- fakultativer Windbestäuber: unabhängig von Insektenbeflug,
- Breite ökologische Nische bezüglich der Bodenfeuchte: sowohl an Gewässerrändern als auch an trockenen Standorten.

\* Definition: S-Strategie (Stresstoleranz-Strategie): meist langlebige, kleinwüchsige Arten in Habitaten, an denen Stress (Nährstoffarmut, Trockenheit, Lichtmangel, Salzgehalt, Bodenversauerung) vorherrscht; ihre Produktivität und Reproduktionsrate ist begrenzt (FREY & LÖSCH, 1998).

\*\* Definition: r-Strategie (Ruderalpflanzen-Strategie): ein- bis wenigjährige Pflanzen mit raschem Wachstum und hoher regenerativer Reproduktionsrate, jedoch geringer Konkurrenzkraft. Sie ertragen Störungen und vermögen neu entstandene Habitats rasch zu besiedeln. (FREY & LÖSCH, 1998).