Optimierung und Beschleunigung von Keimung und Vegetationsentwicklung bei Böschungsansaaten im Erd- und Verkehrswegebau

Stephan Bloemer und Steffen Diekhoff

Neu hergestellte Böschungen im Erd- und Tiefbau bedürfen zwecks Erzielung eines raschen Erosionsschutzes einer zeitnahen Ansaat. Zahlreiche Faktoren können hierbei das Auflaufen und die Etablierung einer ausreichend dichten und gut verwurzelten Vegetationsdecke verzögern und beeinträchtigen. Hierzu zählen sowohl biologische und natürliche, kaum manipulierbare Einflussgrößen als auch solche, die mit technischen Mitteln gesteuert werden können. Der Beitrag benennt solche Einflussgrößen und zeigt Möglichkeiten zur Beschleunigung und Optimierung der Keimung und Entwicklung von Erosionsschutzansaaten auf.

Newly constructed slopes in civil engineering require a prompt seeding in order to achieve quick erosion control. Various aspects may cause delay and impact on seed germination, root developing and plant growth. Some aspects cannot be controlled as they are biological or natural, others can be managed by technical means. The article defines such aspects and advises possibilities to enhance and speed up seed germination and plant growth for bioengineering purposes.

Verfasseranschriften: M.A. (Geogr.) S. Bloemer, Bender GmbH & Co. KG, Niederlassung Düsseldorf, Henkelstr. 282, 40599 Düsseldorf. bloemer@ rekultivierungen.de; M. Eng. S. Diekhoff, Landschaftsplanung, Bender GmbH & Co. KG, Niederlassung Hamburg - Osnabrück, Stüvestraße 13, 49076 Osnabrück, diekhoff@ rekultivierungen.de

1 Einleitung

Im Verkehrswegebau sowie im Berg-, Deponie-, Wasser- und Landschaftsbau entstehen unweigerlich erosionsgefährdete Böschungen in Form von Einschnitten oder Aufschüttungen. Böschungen stellen mehr oder weniger stark geneigte Flächen dar, die nach ihrer Fertigstellung kurzfristig einer ingenieurbiologischen Sicherung, also einem Schutz gegen Beschädigung durch Erosion, zugeführt werden müssen. Erosion kann zu schweren Schäden führen, die mit großem Aufwand beseitigt werden müssen (Bild 1). Den schnellsten und dauerhaftesten Erosionsschutz bietet eine standortgerechte, tief-

gründig und intensiv verwurzelte rasenbzw. wiesenartige Vegetation. Die hierfür erforderlichen Ansaaten können auf Böschungen unter technischen, ingenieurbiologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur mit dem Nassansaatverfahren (Hydroseeding) gemäß DIN 18918 realisiert werden (DIN Deutsches Institut für Normung 2003).

Hierbei werden die erforderlichen Rezepturkomponenten wie Saatgut, Nährstoffträger, Bodenverbesserungsmittel, Mulch, Kleber etc. in wässriger Suspension mit einer Hochdruckkanone von einem Spezialfahrzeug, dem Hydroseeder, auf die Böschungen aufgesprüht (Bild 2). Neben den technischen Aspekten dieser Arbeiten ist

insbesondere die Abstimmung der verwendeten Komponenten an lokale Standortverhältnisse und den genauen Anwendungszweck Voraussetzung für eine erfolgreiche Begrünung (Bloemer 2003, Bloemer 2000, Stalljann 2000). Mit dem Hydroseeding-Verfahren werden allein in Deutschland jährlich viele Hundert Hektar Böschungsflächen begrünt.

Anlass dieser Publikation ist die häufig von Planungsbüros, Bauherren und Bauunternehmen gestellte Frage nach der Zeitspanne zwischen der Ansaat und der Keimung des Saatguts und der nachfolgenden Entwicklung der Vegetation. Diese Zeitspanne ist im Hinblick auf die Erzielung eines möglichst schnellen Erosi-



Bild 1: Rillen- und Rinnenerosion mit beginnender Grabenerosion auf einer unbewachsenen Straßenböschung (Quelle: Fa. Bender).



Bild 2: Nassansaat mit dem Hydroseeder (Quelle: Fa. Bender).

FA

Tabelle 1: Durchschnittliche Keimdauer wichtiger Rasengräserarten unter optimalen Freilandbedingungen (Bocksch 2001)

Botanische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Tage
Lolium perenne	Ausdauerndes Weidelgras	7 - 15
Phleum pratense/bertolonii	Wiesenlieschgras	8 - 17
Cynosurus cristatus	Kammgras	9 - 18
Festuca rubra	Rotschwingel	10 - 18
Festuca ovina	Schafschwingel	11 - 19
Agrostis spec.	Straußgräser	12 - 20
Poa spec.	Rispengräser	14 - 24

Tabelle 2: Durchschnittliche Keimdauer einiger Kräuterarten unter optimalen Freilandbedingungen (Sauerwein 1985)

Botanische Bezeichnung	Deutsche Bezeichnung	Tage
Anthemis tinctoria	Färberkamille	20
Centaurea jacea	Wiesen-Flockenblume	28
Centaurea scabiosa	Skabiosen-Flockenblume	19,5
Hypericum perforatum	Echtes Johanniskraut	50
Inula conyza	Dürrwurz	31,5
Pimpinella saxifraga	Kleine Bibernelle	40
Tanacetum vulgare	Rainfarn	15
Verbascum thapsus	Kleinblütige Königskerze	34

onsschutzes von einiger Bedeutung. Hierbei zeigt sich, dass diesbezügliche und allzu verständliche Erwartungen häufig nicht mit den biologischen und standortkundlichen Gesetzmäßigkeiten übereinstimmen. Andererseits können steuerbare Aspekte wie fachgerechte Ausschreibungstexte und Projektdurchführungen, eine angemessene bauseitige Bodenvorbereitung und die Beachtung einiger weiterer Gesichtspunkte zu einer mitunter deutlichen Beschleunigung der Vegetationsentwicklung führen. Die nachfolgenden Ausführungen gehen der Frage nach den Auflaufzeiten von Saatgut auf den Grund und beschäftigen sich mit Faktoren, die diese Auflaufzeiten beeinflussen. Schließlich werden Möglichkeiten aufgezeigt, Keimung und Entwicklung der Vegetation zu verbessern und zu beschleunigen.

2 Auflaufzeiten von Gräsern und Kräutern

Zunächst nimmt die Art des verwendeten Saatguts bzw. der Saatgutmischung Einfluss auf den zu erwartenden Zeitraum bis zum Auflaufen der Saat. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die durchschnittliche Keimdauer einiger heimischer Gräserarten unter optimalen Freilandbedingungen. Die Fristen variieren zwischen einer Woche bis 24 Tagen je nach Art. Bei ungünstigen Witterungs- und Standortverhältnissen können sich diese Fristen bis zu mehreren Monaten ausdehnen. Ursache hierfür ist die sogenannte Dormanz (Keimruhe), die sicherstellt, dass Samen nur unter optimalen Bedingungen auflaufen, um die Überlebenschancen der jungen Pflanze zu erhöhen. Die Dauer der Dormanz ist abhängig von verschiedenen Umweltfaktoren, die je nach Art variieren können und genetisch festgelegt sind. Erst nach dem Eintreten des Soll-Zustandes, z. B. ausreichende Temperaturen und Bodenfeuchte über einen längeren Zeitraum hinweg, beginnt der Samen mit der eigentlichen Ausbildung des Keimlings. So muss das Keimsubstrat im Rahmen von Keimfähigkeitsbestimmungen "... stets ausreichend feucht sein, um den Bedürfnissen der Keimung zu genügen" (Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung 1993, S. 169). Da Böschungen in der Regel problematische bis extreme Bedingungen und ein ungünstiges Mikroklima aufweisen, sind Angaben zur durchschnittlichen Keimdauer wie in Tabelle 1 auf solchen Standorten kaum anwendbar (Stalljann 2000).

Längere Dormanzen treten vor allem bei vielen dicotylen (zweikeimblättrigen) Kräuterarten auf (Tabelle 2). Ursachen sind die eingeschränkte Durchlässigkeit der Samenschale vor allem für Wasser (Hartschaligkeit) und die physiologische Unreife des pflanzlichen Embryos im Samen. Die Samen mancher Arten müssen eine komplizierte Folge enzymatischer biochemischer Veränderungen durchlaufen (Nachreife), bevor sie keimen können. Diese Veränderungen können durch niedrige Temperaturen, Feuchtigkeit, mechanische Beschädigung der Samenschale, Lichteinwirkung, Säure etc. hervorgerufen werden. Einige Samen haben die Fähigkeit, lange Zeiträume im Ruhezustand zu verweilen und können so Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte überleben (Geyer 2010). Nach Beobachtungen von Stolle muss die Feuchteperiode zur Überwindung der Dormanz umso länger sein (oft 3 bis 4 Wochen, bisweilen kombiniert mit hohen Temperaturen), je trockener die natürlichen Standorte der Arten sind. Wird die Feuchteperiode unterbrochen, werden die Samen erneut dormant, bis günstigere Bedingungen eintreten. Spätsommersaaten bis etwa Mitte Oktober sind daher meist besonders zu empfehlen (Stolle 2012 per E-Mail). Eine umfangreiche tabellarische Übersicht mit Angaben zur Brechung der Keimruhe für viele Gräser und Kräuter findet sich in Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung 1993, S. 177.

Die Keimruhe hat sehr große Bedeutung für die Überlebenschancen einer Pflanzenart. Wird diese erst durch eine Nachreife aufgehoben, so ist häufig sichergestellt, dass die Umweltbedingungen zum Zeitpunkt der Samenkeimung für das Wachstum des Keimlings günstig sind. Wildkräutermischungen entwickeln sich daher - zumal auf Böschungen - langsam und keimen nur unter optimalen Bedingungen. Die Dormanz, mit der die Pflanzen ihr Überleben sichern, kann durch ungünstige Standort- und Witterungsbedingungen dazu führen, dass der Begrünungserfolg erst Monate später, bei Sommeransaaten etwa nach einer längeren kühlen und niederschlagsreichen Witterungsperiode im Herbst, eintritt. Dieses Verhalten von Wildpflanzen ist genetisch vorgegeben und nicht zu beeinflussen. Bei Kräutermischungen zeigt sich die Artenvielfalt sogar oft erst nach einigen Vegetationsperioden (Johannsen/Spundflasch 2012). Für den mittel- und langfristigen Erosionsschutz sind arten- und kräuterreiche Mischungen aufgrund des differenzierten Wurzelwerks und der größeren Toleranz gegenüber Trockenheit und Nährstoffarmut dennoch in jedem Falle besser geeignet als artenarmes Regelsaatgut. Mit dem in der Praxis routinemäßig realisierten Zusatz von schnell keimenden Ammengräsern kann der Begrünungserfolg deutlich beschleunigt und damit auch ein kurzfristiger Erosionsschutz gewährleistet werden.

Es gilt also festzuhalten, dass ein umfassender, insbesondere langfristiger Erosionsschutz in der Regel nicht mit schnell

keimenden Saatgutmischungen möglich ist. Ansaaten mit kurzlebigen, aber rasch keimenden Gräsern sorgen zwar für eine schnelle "Begrünung", einen mittel- und langfristigen Schutz vor Erosion können sie aufgrund erhöhten Ausfallrisikos jedoch nicht sicherstellen. Artenreichen, standortangepassten Saatgutmischungen sollte daher immer der Vorzug gegenüber kostengünstigen, schnell keimenden Saaten und Regelsaatgut (z. B. mit hohem Anteil an Lolium perenne) eingeräumt werden.

3 Auflaufzeiten von Gehölzsaatgut

Gehölzansaaten eignen sich hervorragend zur Etablierung naturnaher Strauch- und Baumbestände auf Böschungen. Gegenüber konventionellen Pflanzungen weisen sie deutliche Vorteile auf, sind jedoch nur auf skelettreichen Rohböden zu empfehlen; umfangreiche Erfahrungen haben gezeigt, dass Gehölzansaaten auf Oberbodenandeckungen und meist auch auf bindigen Substraten in der Regel nicht Erfolg versprechend sind, weil Gräser und krautige Pflanzen hier meist rasch einen so dichten Bewuchs ausbilden, dass die Gehölze unterdrückt werden (Bloemer 2003, Bloemer 2002, Brückner 2000).

Die meisten Gehölzsamen keimen frühestens nach dem ersten Winter, da sie nach der Reife eine Keimruhe (Dormanz) zur Überwindung der natürlichen Keimhemmung eingehen. Erst durch die Einwirkung von z. B. Frost, Nässe, Bodenorganismen oder durch mechanische Beanspruchung der Samenschale wird die Keimhemmung überwunden. Dieser Vorgang wird als Stratifikation bezeichnet. Eine sekundäre Keimruhe kann durch Hitze und Trockenheit nach dem Winter eingeleitet werden, was zu einer weiteren Verzögerung der Keimung führt und durch eine erneute Stratifikation überwunden werden muss (Mac Carthaigh/ Spethmann 2000). Das Saatgut mancher Gehölzarten (z. B. Cornus, Crataegus, Rosa) muss mehrere biologische Sperren abbauen, bevor die Keimung einsetzen kann (Bärtels 1989). Bei Gehölzansaaten ist daher bei vielen Arten mit Mindestauflaufzeiten von mehreren Monaten zu rechnen. Die sekundäre Keimruhe kann dazu

führen, dass die Keimung - je nach Art, Witterung und Standort - auch einen deutlich längeren Zeitraum beansprucht. Zwecks Bestimmung der Keimfähigkeit von Gehölzsamen müssen viele Arten einer mehrmonatigen Vorkühlung oder einem anderen Verfahren zur Brechung der Keimruhe unterzogen werden. Für Freilandbedingungen hat dies meist Auflaufzeiten von mindestens einem Jahr zur Folge. Eine tabellarische Übersicht mit Angaben zur Brechung der Keimruhe für eine Reihe von Gehölzarten findet sich in Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung 1993, S. 186.

4. Möglichleiten zur Beschleunigung und Optimierung von Keimfristen und Vegetationsentwicklung

Neben der biologisch vorgegebenen Dormanz beeinflussen zahlreiche weitere Faktoren den Zeitpunkt des Auflaufens der Ansaat und deren weitere Entwicklung. Zu diesen Faktoren zählt neben dem Ansaatzeitpunkt und saatgutbedingten Voraussetzungen vor allem eine Reihe







Der Treffpunkt für Infrastruktur:

- Tiefhau
- Straßenbau
- Wasserbau

- Wasser & Abwasser
- Öffentliche Raumgestaltung
- Verkehr & Mobilität

Ihr Vorteil als Aussteller!

Treffen Sie auf dem Marktplatz der Tiefbaubranche Einkäufer, Entscheider, Investoren, Planer und Anwender. Nutzen Sie das beste Umfeld, um wertvolle Kontakte zu knüpfen und das Neugeschäft zu generieren. Wir heißen Sie als Aussteller willkommen und freuen uns auf Sie. www.tiefbaumesseinfratech.de

Partner der Tiefbaumesse InfraTech:













Straßen- und Tiefbau-Verband

Baugewerbliche Verbände

Veranstalter:



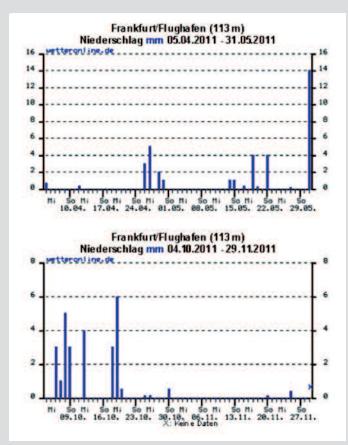


Bild 3: 2011 waren sowohl Frühling als auch Herbst vielerorts die trockensten seit Beginn der Wetteraufzeichnung in Deutschland (hier beispielhaft die Niederschlagssituation in Frankfurt/Main). Außergewöhnliche Trockenperioden können zu stark verzögerter Vegetationsentwicklung, im ungünstigsten Fall auch zu Bestandsausfällen führen (Quelle: WetterOnline).



Bild 4: Glatt abgezogene Böschungen erschweren und verzögern Keimung und Vegetationsentwicklung (Quelle: Fa. Bender).



Bild 5: Ergebnis einer Ansaat auf maschinell verdichteten, tonhaltigen Boden (Quelle: Fa. Bender).

natürlicher Aspekte wie Witterung, Mikroklima sowie bodenkundliche, reliefund konkurrenzbedingte Verhältnisse. Auch die Art und Weise der bauseitigen Bodenvorbereitung spielt eine nicht unerhebliche Rolle bei der Einflussnahme auf die Auflaufzeit von Ansaaten.

Im Folgenden werden die wichtigsten Aspekte erörtert, die zu einer Verzögerung der Keimung und Entwicklung von Erosionsschutzansaaten führen können. Gleichzeitig werden Möglichkeiten aufgezeigt, hier mit geeigneten Maßnahmen gegenzusteuern oder eine Beschleunigung zu erzielen.

4.1 Ansaatzeitpunkt

Die einfachste und preiswerteste Maßnahme zur Beschleunigung der Vegetationsentwicklung ist die Optimierung des Ansaatzeitpunktes. Ansaaten im zeitigen Frühjahr (März bis Mitte Mai) sowie insbesondere Spätsommer- und Herbstansaaten (September/Oktober) führen in der Regel zu einem schnelleren Begrünungserfolg, da Temperaturen und Wasserge-

halt im Boden meist günstig sind. Verzögerungen und Aufwuchsprobleme sind dagegen eher in den Sommermonaten (Mitte Mai-August) durch Hitze- und Dürrestress und in den Wintermonaten (November-Februar/März) durch ungünstige Temperaturen und Frosteinwirkung zu erwarten. Mit Ausnahmen wie dem extrem trockenen Frühjahr und dem gleichfalls sehr trockenen Herbst im Jahr 2011 muss jedoch immer gerechnet werden (Bild 3).

4.2 Faktoren der bauseitigen Bodenbearbeitung und Bodenvorbereitung

Die bauseitige Bodenbearbeitung und Bodenvorbereitung kann die Auflauffristen von Ansaaten entscheidend beeinflussen und soll daher an zweiter Stelle behandelt werden. Mit relativ einfachen Mitteln kann seitens der Bauunternehmen eine Optimierung der Vegetationsentwicklung erzielt werden.

Zunächst gilt es, maschinelle Verdichtungen durch Befahren oder durch das Andrücken von Bodenmassen bei der Bö-

schungsmodellierung möglichst zu vermeiden oder zu beseitigen. Verdichtete und glatt abgezogene Böden verzögern, hemmen oder verhindern Keimung und Vegetationsentwicklung aus folgenden Gründen:

- Keimlinge und Jungpflanzen können den Untergrund nicht oder nur eingeschränkt durchwurzeln.
- Verdichtungen und glatt abgezogene Böschungen aus bindigen Böden führen zur Zerstörung des Bodengefüges und zu starker, krustenartiger Aushärtung der Oberfläche bei trockener Witterung, oftmals einhergehend mit der Bildung von Schrumpfungsrissen. Dies führt zur Reduzierung, Verzögerung oder Hemmung des Keimungsvorgangs sowie zu Wurzelschäden durch Verletzungen.
- In Verbindung mit einem verzögerten Auflaufen der Saat kann ein erhöhter Oberflächenabfluss auf glatten, verdichteten Böschungen zur Verlagerung bzw. zum teilweisen oder kompletten Abspülen der aufgebrachten Komponenten führen. Diese Effekte müssen dann durch zusätzliche Sicherungs-



Bild 6: Solche hangsenkrechten Strukturen verstärken Erosion und Wassermangel und sollten daher bei der Herstellung von Böschungen unbedingt vermieden werden (Quelle: Fa. Bender).



Bild 7: Ist eine DIN-gerechte Bodenlockerung vor der Ansaat nicht möglich, hilft mitunter das hangsenkrechte Befahren der Böschung mit einer Raupe, um eine Mikroreliefierung und damit eine Rauigkeit der Bodenoberfläche zu erreichen (Quelle: Fa. Bender).

maßnahmen und Anpassungen der Bauweise verhindert werden.

- Bodenverdichtungen führen zu einer Reduzierung der Luftkapazität im Boden; der damit verbundene Sauerstoffmangel beeinträchtigt oder hemmt das Wurzelwachstum, das mikrobielle Bodenleben und die Bodenfauna.
- Bodenverdichtungen führen zu einem tiefen- und flächenreduzierten Wurzelwachstum; das resultierende, flache und dürftige Wurzelsystem führt während niederschlagsarmen Witterungsphasen verstärkt zu Ausfällen durch Dürreschäden.
- Die durch Bodenverdichtung verursachte Reduzierung der Infiltration (Wasseraufnahme) führt auf ebenen Flächen zu Pfützenbildungen, welche in der Regel den kompletten Ausfall der Ansaat in wechselfeuchten Bereichen (Pfützenbildung bei Regenfällen, Austrocknung und Krustenbildung bei trockener Witterung) zur Folge hat.
- Nährstoffe wie z. B. NO3, Mn, Fe und S werden reduziert; es kommt dann häufig zum Entweichen elementaren Stickstoffs aus dem Boden in die Atmosphäre. Stickstoff als der wichtigste Nährstoff ist dann gerade in Rohböden unter Umständen nicht mehr in ausreichenden Konzentrationen vorhanden.

Verdichtungen entstehen auch beim Einbau von Bodenmassen mit zu hohem Wassergehalt. Anfällig sind vor allem tonmineralreiche Böden, die nur bei einem Wassergehalt unterhalb der Ausrollbzw. Plastizitätsgrenze bearbeitet werden sollten. Diese Grenze wird durch Ausrollen einer Bodenprobe mit der Hand ermittelt und kann als Kriterium für die Bear-

beitbarkeit eines Bodens und als technologische Nässegrenze gelten (geodz.com). Das im Erdbau übliche glatte Abziehen der Böschungen mit dem Langarmbagger ohne Rücklockerung sollte vor allem bei bindigen Böden vermieden werden. Durch das glatte und verdichtend wirkende Abziehen werden Bodenporen verschlossen und die Wasseraufnahmefähigkeit stark reduziert, was das Pflanzenwachstum beeinträchtigt. Bei Austrocknung der Tonminerale bildet sich eine krustenartig verhärtete Oberfläche. Das Eindringen der Wurzeln in den Boden ist stark erschwert (Bild 4). Bei einer Ansaat auf verdichtete und glatt abgezogene Böden sind naturgemäß Auflauf- und Entwicklungsverzögerungen sowie partielle, aber auch großflächigere Ausfälle zu erwarten (Bild 5).

Auch die Profilierung von Böschungen mit hangsenkrechten Strukturen sollte unbedingt vermieden werden, da hierdurch Niederschlagswasser ungebremst zum Böschungsfuß abfließt und Bodenpartikel sowie Saatgut fortspült; Erosionsschäden und Wassermangel mit verzögerter und lückenhafter Vegetationsentwicklung sind die unweigerliche Folge (Bild 6).

Gemäß DIN 18915 ist neben einer angemessenen Regenerationszeit für Böden, die als Wurzelraum dienen, eine Bodenlockerung (bei Flächenneigung bis 1:2,5) bzw. das Aufrauen des Bodens (bei Flächenneigung über 1:2,5) erforderlich, um das vollflächige Auflaufen der Ansaat zu ermöglichen (DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2003). Dies gilt für Oberböden gleichermaßen wie für Rohböden. Bei Beachtung dieser Vorgaben ist mit ei-

ner deutlich schnelleren, gleichmäßigeren und besseren Vegetationsentwicklung zu rechnen

In der Praxis werden die DIN-Vorgaben teils aus terminlichen oder technischen Gründen, teils aus Unkenntnis nur selten beachtet. Ist eine DIN-konforme Auflockerung oder das entsprechende Aufrauen des Bodens nicht möglich, kann zumindest das vor allem im Deponiebau häufig praktizierte hangsenkrechte Befahren mit einer Raupe Abhilfe schaffen, was zu einer hangparallelen Mikroreliefierung führt (Bild 7); die so geschaffene Bodenprofilierung bewirkt eine deutliche Reduzierung des erosiv wirkendem Oberflächenabflusses und gleichzeitig eine Erhöhung der Infiltration, was zu einer verbesserten Wasserversorgung führt - auf Böschungen ein entscheidender Faktor für die Vegetationsentwicklung. Auch die Profilierung der Böschungsoberfläche mit einer Schaffußwalze verbessert das Auflaufergebnis von Ansaaten und den Wasserhaushalt geneigter Standorte.

Wichtig ist auch die Beseitigung von Erosionsrinnen und -rillen vor der Ansaat, weil dem Saatgut auf den erhabenen Rippen zwischen den Rinnen nur sehr wenig Feuchtigkeit zur Verfügung steht; die Keimung erfolgt dann fast nur in den feuchteren Rinnen, sofern das hier bei jedem Regenereignis ablaufende Niederschlagswasser die Samen nicht fortspült.

Auf eine Oberbodenandeckung sollte aus erosionsschutztechnischen, standortkundlichen, vegetationsökologischen, ästhetischen und wirtschaftlichen Gründen nach Möglichkeit verzichtet werden. Schon um eine tiefgründige Durchwurzelung der Böschung zu ermöglichen, ist entgegen

Bild 8: Vergleich der Temperaturentwicklung im Tagesverlauf auf einer vegetationsfreien Oberfläche und einer gemulchten Rasenfläche auf einer Südböschung aus dunklem Substrat im Sommer (Stalljann 2000).

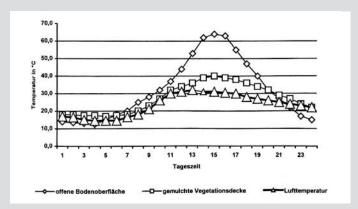


Bild 9: Derart dichte Bestände von unerwünschtem Spontanwuchs sind typisch für Oberbodenandeckungen und unterdrücken die Ansaat vor allem durch Lichtmangel nahezu vollständig (Quelle: Fa. Bender).



Bild 10: Auflaufende Saat auf einem steinigen Rohboden. Auf solchen Standorten ist grundsätzlich mit einer deutlich verzögerten Vegetationsentwicklung zu rechnen (Quelle: Fa. Bender).



verbreiteter Praxis die Rohbodenbegrünung einer Oberbodenandeckung in der Regel vorzuziehen; sie ist heute bei professionellen Begrünungsunternehmen Stand der Technik (Hacker/Johannsen 2012, Johannsen/Spundflasch 2012, Kirmer/Tischew 2006, Bloemer 2003, Bloemer 2002, Bloemer 2000, Molder 1995, Stalljann 1987).

4.3 Witterungsbedingte und mikroklimatische Faktoren

Der lokale Witterungsverlauf sowie der Einfluss des Mikroklimas spielen eine entscheidende Rolle hinsichtlich des Zeitraums zwischen Ansaat und Keimung sowie der nachfolgenden Vegetationsentwicklung.

Trockenheit: Die Anwesenheit von Wasser ist entscheidend für die Existenz allen Lebens. Ohne ausreichendes Wasserangebot im Boden kann auch die Saat nicht auflaufen. Bereits aufgelaufene Saat kann sich bei Wassermangel nicht entwickeln und sogar absterben, wenn sich die Trockenperiode über einen längeren Zeitraum mit ausbleibenden Niederschlägen hinzieht. Dürreperioden, die auch die Landwirtschaft schädigen, sind während der warmen, verdunstungsreichen Sommermonate besonders häufig. Aber auch extreme Frühjahrs- und Herbstdürren wie

in 2011 können zu stark verzögerten Auflauf- und Entwicklungszeiten führen (Bild 3).

Entscheidend für den Keimvorgang ist das Wasserangebot an der Bodenoberfläche. Auf Böschungen ist die je Flächeneinheit auftreffende Niederschlagsmenge im Vergleich zu ebenen Flächen entsprechend der Neigung verringert (siehe Abschnitt 4.5). Auftreffendes Niederschlagswasser läuft zudem zu einem mehr oder weniger großen Anteil oberflächig ab und dringt nicht in den Bodenkörper der Böschung ein. Das dadurch ohnehin schon deutlich verringerte Wasserangebot wird durch die erhöhte Verdunstung nochmals reduziert; diese wird hervorgerufen durch stärkeren Windeinfluss und deutlich höhere Temperaturen durch verstärkte Sonneneinstrahlung auf exponierten Böschungen. Witterungsbedingte Trockenheit wird somit durch reliefbedingte und mikroklimatische Faktoren drastisch verstärkt. Die Folge ist ein häufiges und wiederholtes Austrocknen der Bodenoberfläche. Der Zeitraum zwischen Ansaat und Keimung bzw. Vegetationsentwicklung kann sich auf Böschungen dadurch stark verzögern und in manchen Fällen mehrere Monate betragen (Stalljann 2000).

Temperatur: Neben der Verfügbarkeit von Wasser ist die Temperatur entscheidend für die Keimung des Saatguts sowie die Fotosyntheserate und damit das Pflanzenwachstum. Die Empfindlichkeit gegenüber Kälte ist artspezifisch. So keimt der häufig als Ammenpflanze eingesetzte Roggen schon bei Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt, während die Mindestkeimtemperatur für die meisten Rasengräser bei ≥ 5 °C liegt. Die optimalen Keimtemperaturen für heimische Rasengräser liegen zwischen 16 und 23 °C (Bocksch 2001). Je nach Witterung und Höhenlage herrscht in Mitteleuropa demnach etwa von November bis März weitgehende Keimruhe. Milde Witterungsperioden können jedoch auch im Winter zur Keimung von späten Ansaaten führen. Hier besteht die Gefahr, dass nachfolgende Kahlfröste zu großflächigen Ausfällen durch Frosttrocknis führen; diese entsteht durch das Ausfrieren des Bodenwassers, sodass die Pflanzen kein Wasser aufnehmen können.

Auch hohe Bodentemperaturen von über 45 °C, die im Sommerhalbjahr auf exponierten Böschungen nicht ungewöhnlich sind, verzögern die Keimung. Schon bei solchen Temperaturen können Keimlinge

Schaden nehmen und absterben (Bocksch 2001). Auf südlich ausgerichteten Böschungen wurden Oberflächentemperaturen von mehr als 60 °C gemessen, bei dunklem Untergrund sogar bis 70 °C (Stalljann 2000, Bild 8).

Starkniederschläge: Entgegen verbreiteter Meinung führen vor allem sommerliche Schauer und Starkregen häufig nicht zu einer merklichen Verbesserung des Wasserangebots auf geneigten Flächen und damit auch kaum zu einer Beschleunigung der Vegetationsentwicklung, da sie die ausgetrockneten Böden kaum durchdringen können und aufgrund der Hanglage schnell abfließen und rasch verdunsten. Fallen große Regenmengen in kurzer Zeit, kann vor allem trockener und tonhaltiger Boden aufgrund des Benetzungswiderstandes den Großteil des Wassers gar nicht aufnehmen, sodass dieses zum Hangfuß abfließt. Durch die kinetische Energie der Wassertropfen werden die für den Wasser- und Lufthaushalt wichtigen Bodenaggregate zerstört, Erosionsschäden entstehen. Zudem wird Saatgut von der Böschung gespült, Keimlinge und noch ungenügend verwurzelte Jungpflanzen können beschädigt oder aus dem Boden gespült werden. Die Folgen sind eine verzögerte Vegetationsentwicklung und eine lückige Vegetationsdecke.

Aus diesem Grunde sind Bewässerungen von Böschungsflächen mit mobiler Technik nicht sinnvoll, sind sie doch gleichsam künstlich erzeugte Schauer. Eine deutliche Verbesserung des Feuchtigkeitshaushalts wird dagegen durch Mulchlagen gemäß DIN 18918 und durch mulchend wirkende Erosionsschutzmatten erzielt (FLL 1998), wodurch gleichzeitig drastisch die Bodentemperatur um ≥ 20 °C gesenkt werden kann (Bild 8). Eine Mulchabdeckung stellt darüber hinaus einen wirksamen Puffer gegen Starkniederschläge dar. Vor allem Strohmulchlagen und mehr noch Erosionsschutzmatten beschleunigen damit spürbar Keimung und Entwicklung der Vegetation (Bloemer 2012, Hacker/Johannsen 2012). Zusätzlich verhelfen Wasser speichernde Bodenverbesserungsmittel auf Silikat- und Polyuronidbasis (Bentonite, Alginate) tonmineralarmen Substraten zu einem ausgeglicheneren Feuchtigkeitshaushalt.

Licht: Neben der durch Sonneneinstrahlung beeinflussten Temperatur spielt auch die direkte Einstrahlung der Sonne eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Vegetation. Entscheidend sind hier Intensität und Dauer sowie die Qualität der eintreffenden Strahlung (Gandert/Bures 1991). Beeinflusst wird dieser Faktor durch atmosphärische Zusammenhänge,

die geografische Lage (Breitengrad, Höhe über NN) sowie tages- und jahrezeitliche Aspekte. Ausschlaggebend für abweichende Situationen auf Böschungsstandorten sind die Einflüsse von Relief, Mikrorelief, Exponierung und Beschattung der Flächen. Analog zu den bereits beschriebenen Standortfaktoren ist auch die Einstrahlung des Lichts durch große Unterschiede auf nord- und südexponierten Flächen geprägt. Während sie auf südlich gerichteten Böschungen so intensiv sein kann, dass sie andere Faktoren wie Temperatur und Feuchtigkeit in einen für das Pflanzenwachstum schädlichen Bereich bringt, ist auf nach Norden exponierten Flächen meist das Gegenteil der Fall. Durch den flachen Einfallwinkel ist die Intensität der Sonneneinstrahlung wesentlich geringer, und Temperatur und Feuchtigkeit unterliegen kaum extremen Schwankungen. Auf nördlich exponierten Böschungen führt dies in der Regel zu einem schnelleren Auflaufen der Saat.

Eine starke Beschattung der Ansaatflächen kann hingegen zur Verzögerung oder gar Verhinderung des Auflaufens der Ansaat und der Vegetationsentwicklung führen, insbesondere bei dichten Gehölzbeständen nahe oder direkt auf der Ansaatfläche. Auch durch auf Oberbodenandeckungen häufig auftretenden Spontanbewuchs ("Unkraut") mit hohen und



Damit nicht nur der Verkehr fließt...

HONDA STROMERZEUGER
Immer zuverlässig unterwegs, ob
Wechsel-, Gleich- oder Starkstrom

Honda optimal für den Dauereinsatz geeignet

Honda wasserpumpen

Honda wasserpumpen

Honda wasserpumpen

Für jede Wasserqualität etwas dabei: Frischwasser-, Schmutzwasser- sowie Spezialpumpen



Bild 11: Niederschlagsund Flächenänderung einer Böschungsfläche in Abhängigkeit zum Neigungsverhältnis bezogen auf eine waagerechte Fläche (Stalljann 2000).

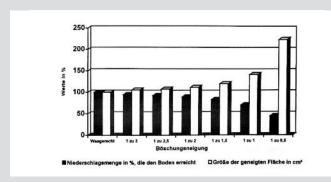


Bild 12: Sehr steile bis senkrechte Böschungen, z. B. Lärmschutzkonstruktionen, sind extrem trocken und bleiben ohne installierte Bewässerungssysteme oft großflächig unbewachsen (Quelle: Fa. Bender).



Bild 13: Blick auf die durch flächig aufgekommenen Spontanbewuchs in ihrer Entwicklung stark unterdrückte Ansaat (Quelle: Fa. Bender).



Bild 14: Auf dieser Extremfläche – eine trockene, steile Rohbodenböschung – wäre bei einer Einsaat mit artenreichem Regio-Saatgut für trokkene Magerstandorte statt wie hier mit Regelsaatgut ein wesentlich besseres Ergebnis erzielt worden (Quelle: Fa. Bender).



Bild 15: Im Herbst innerhalb weniger Wochen aufgekommene Ammengräser. Hauptsaat ist ein artenreicher Magerrasen für sandige Standorte (Quelle: Fa. Bender).



breitblättrigen Kräutern (typisch sind z. B. Gänsefußgewächse wie *Chenopodium* und *Atriplex*) kann die Oberfläche so stark beschattet werden, dass die Lichtintensität nicht für eine erwartungsgemäße Keimung und Entwicklung der Pflanzen ausreicht (Bild 9).

Intensiver, lichtraubender Unkrautbewuchs, der durch starke Konkurrenz die Entwicklung der Ansaat verzögern oder unterdrücken kann, lässt sich am besten durch den Verzicht auf Oberbodenandeckungen vermeiden. Auf Oberbodenandeckungen kann sich die Ansaat häufig erst nach dem Abmähen des konkurrierenden Spontanbewuchses entwickeln (siehe Abschnitt 4.6).

4.4 Bodenkundliche Faktoren

Pedologische Aspekte beeinflussen die Auflaufzeiten von Ansaaten vor allem durch die Bodenart, also die Korngrößenverteilung. Böden mit grober Textur und geringem Tongehalt wie Sande, Kiese, Grus, Schotter und steinige bis felsige Standorte weisen eine geringe Wasserspeicherkapazität auf; das Wasser versickert unter dem Einfluss der Schwerkraft schnell in größere Tiefen und kann von den Wurzeln nicht erreicht werden (Scheffer/Schachtschabel 1998). Solche Standorte trocknen schnell aus und erlauben daher oft erst dann eine Keimung, wenn eine längere und kühle Niederschlagsperiode den Boden feucht hält (Bild 10). Dieser Zeitpunkt kann durchaus erst mehrere Wochen oder Monate nach der Ansaat eintreten und fällt bei Sommeransaaten nicht selten in den Herbst. Feinkörnige, bindige Substrate speichern deutlich mehr Wasser, weshalb hier der Begrünungserfolg meist früher eintritt. Auch der Humusgehalt des Bodens korreliert positiv mit der Wasserspeicherfähigkeit.

Auf Böschungen führen hohe Tonanteile im Boden trotz guter Wasserspeicherfähigkeit vor allem im Sommerhalbjahr häufig nicht zu einer Verbesserung der Wasserversorgung, da die Infiltrationsrate (Wassermenge, die je Zeiteinheit versikkert) in solchen Böden durch den geringen Anteil an Grobporen sowie aufgrund deren Neigung zu Verschlämmung und Krustenbildung stark herabgesetzt ist (Scheffer/Schachtschabel 1998). Die hydrophoben Eigenschaften trockener Oberflächen erschweren die Wasseraufnahme zusätzlich.

Geeignetes Saatgut, z. B. artenreiche

Trocken- und Magerrasenmischungen mit einem Ammengräserzusatz, ist für eine erfolgreiche Begrünung solcher Standorte unabdingbar. Strohmulchlagen gemäß DIN 18918 und mehr noch der Einsatz von Erosionsschutzmatten fördern und beschleunigen die Vegetationsentwicklung auch hier. Schichtsilikate und Polyoronide (Bentonit, Alginate) führen zu einem verbesserten Feuchtigkeitshaushalt im Boden.

Nährstoffmangel im Boden verursacht eine verzögerte Vegetationsentwicklung, Mangelerscheinungen und eine verringerte Stresstoleranz der Vegetation. Er kann zu unbefriedigenden Begrünungsergebnissen und zu Bestandsausfällen führen. Dem Problem wird durch eine angemessene Nährstoffzufuhr mit Start-, vor allem aber langfristig wirkenden organischen Düngern begegnet. Die Höhe der erforderlichen Nährstoffgaben durch Bodenanalysen ermittelt werden. Auch nachteilhafte bodenchemische Eigenschaften wie sehr hohe oder niedrige pH-Werte, die einen zusätzlichen Stressfaktor darstellen, haben meist deutliche Verzögerungen der Vegetationsentwicklung zur Folge; bei extremen Werten kann es auch zu kompletten Ausfällen kommen. Abhilfe schaffen Kalkungen bei stark sauren Bodeneigenschaften und Maßnahmen zur Absenkung des pH-Wertes (z. B. Aufbringung von Schwefel) bei stark alkalischen Standorten auf der Basis bodenchemischer Analysen.

4.5 Reliefbedingte Faktoren

Je stärker eine Fläche geneigt ist, desto weniger Niederschlagswasser erhält sie je Flächeneinheit, und desto mehr Niederschlagswasser fließt die Böschung hinab, geht den Pflanzen verloren und verstärkt die Erosion (Bild 11). Eine Böschungsneigung von 1:1,5 hat eine Reduzierung der Niederschläge je Flächeneinheit um 16,7 % zur Folge (Stalljann 2000). Ab einem Neigungswinkel von ca. ≥ 1:2 dehnen sich die Auflaufzeiten von Ansaaten daher deutlich aus, und die Etablierung einer Pflanzendecke wird zusehends schwieriger. Böschungen von Lärmschutzkonstruktionen und "Lebendbewehrte-Erde"-Systemen sind aufgrund meist nahezu senkrechter Neigung deshalb nur mit installiertem Bewässerungssystem begrünbar (Bild 12).

Sofern Böschungen nicht nordexponiert sind, heizen sie sich durch hohe Strahlungswirkung mit zunehmender Neigung auf, was den Hitze- und Dürrestress der Vegetation verstärkt mit der Folge stark verzögerter Auflauf- und Entwicklungszeiten (siehe Abschnitt 4.3). In Abhängigkeit von den anderen Standortfaktoren kann die Vegetation auf solchen Böschungen in manchen Fällen dauerhaft lückig bleiben. Geeignete Maßnahmen zur Optimierung und Beschleunigung der Vegetationsentwicklung sind auch hier Mulchapplikation, Erosionsschutzmatten und die Applikation Wasser speichernder Bodenverbesserungsstoffe. Durch bauseitige Schaffung eines hangparallelen Mikroreliefs kann die Rückhaltung des für die Pflanzen nutzbaren Niederschlagswassers schon bei der Herstellung der Böschung optimiert werden (Bild 6). Ein für Keimung und Pflanzenwuchs ungünstiges Mikrorelief entsteht durch Wasser ableitende, hangsenkrechte Strukturen wie Erosionsrinnen (Bild 1) und Bearbeitungsspuren (Bild 5). Solche Strukturen sollten vor der Ansaat unbedingt beseitigt werden.

4.6 Konkurrenzfaktoren

Werden Böschungen zwecks Begrünung mit Oberboden angedeckt, ist die ungewollte Übertragung bodenbürtiger Diasporen (natürliche Samenbank des Bodens) unvermeidlich. Besonders typisch sind annuelle (einjährige) Ackerunkräuter wie Echte Kamille (Matricaria chamomilla), Geruchlose Kamille (Tripleurospermum maritimum ssp. inodorum), verschiedene Gänsefußgewächse (Chenopodiaceae) und Ackersenf (Sinapis arvensis). Dieser Spontanbewuchs bildet im ersten Jahr häufig hochwüchsige und dichte Bestände. Das Phänomen ist auf Oberböden typisch und durch die Ansaat zunächst nicht zu vermeiden; die Begrünungsunternehmen haben darauf naturgemäß keinen Einfluss.

Während der Saatgutausbringung kurz nach dem Oberbodenauftrag ist von diesem Spontanwuchs meist noch nichts oder nur wenig zu sehen. Binnen weniger Wochen kann er dann jedoch beachtliche Höhen und Deckungsgrade erreichen. Im ersten Jahr ist er sehr konkurrenzstark und unterdrückt häufig die Ansaat, die zwar meist noch aufläuft, sich dann aber zunächst kaum weiterentwickelt (Bild 13). Ursache hierfür ist die scharfe Konkurrenzsituation um Platz, Licht und Wasser. Unter dem oft dichten Blätterdach des hohen Spontanwuchses fehlt der jungen Ansaat vor allem Licht zur weiteren Ent-

wicklung (siehe Abschnitt 4.3).

Spätestens nach der ersten Mahd oder dem Verkahlen und Absterben der kurzlebigen Ackerunkräuter im Spätsommer und Herbst entschärft sich die Situation, sodass die jungen Gräser und Kräuter das Wachstum wieder aufnehmen und sich rasch entwickeln. In der nachfolgenden Vegetationsperiode kommt der Spontanbewuchs kaum noch auf, da er zu seiner Entwicklung offene, möglichst frisch bearbeitete Flächen benötigt.

Bei Gehölzansaaten verhindert Spontanwuchs oder dauerhafter und dichter Grasund Krautbewuchs das Auflaufen und die Entwicklung der Gehölze oftmals vollständig. Oberbodenandeckungen und bindige Rohböden mit für krautige Pflanzen guten Standorteigenschaften sind für Gehölzansaaten daher nicht geeignet (Bender GmbH & Co. KG).

Die einfachste und zugleich kostensparende Maßnahme zur Beschleunigung der Ansaatentwicklung ist eine Rohbodenbegrünung unter Verzicht auf die unkrautsamenhaltige Oberbodenandeckung. Ist der Oberboden bereits aufgebracht und angesät, sollte konkurrierender Spontanwuchs abgemäht werden; ob das Schnittgut gemulcht werden kann oder abgeräumt werden muss, hängt von der anfallenden Biomasse ab und muss von Fall zu Fall geprüft werden. Eine zu dicke Biomasseauflage kann die junge Saat gleichfalls beeinträchtigen.

4.7 Rezepturbedingte Faktoren

Neben den standort- und umweltbedingten Faktoren hat auch die Auswahl von Art und Menge der verwendeten Rezepturkomponenten einen Einfluss auf Keimung und Entwicklung der Vegetation. Die gängigen Normen (DIN, RSM, FLL-Richtlinien) und Herstellerempfehlungen geben Richtlinien zu den Einsatzbedingungen und Aufwandmengen der einzelnen Produkte. Wichtig ist es jedoch, auch das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten zu beachten und diese gleichzeitig auf die Bedingungen vor Ort und das Ziel der Begrünung abzustimmen.

Saatgut

Dem Saatgut als Hauptkomponente gilt hierbei besondere Aufmerksamkeit. Saatgutmischungen bestehen aus verschiedenen Gräser- und/oder Kräuterarten, die jeweils spezifische Eigenschaften und Standortansprüche aufweisen. Neben den



Bild 16: Nährstoffmangel aufgrund unzureichender oder fehlender Düngung hat auf Rohböden häufig eine deutliche Entwicklungsverzögerung und eine lückige Vegetationsdecke zur Folge (Quelle: Fa. Bender).



Bild 17: Mit geeigneten Langzeitdüngern können selbst auf extrem nährstoffarmen Rohböden wie hier in einem Braunkohlentagebau vitale Wiesenbestände etabliert werden (Quelle: Fa. Bender).



Bild 18: Mit einer Mulchschicht aus Strohhäckseln und Zellulose werden Keimung und Vegetationsentwicklung merklich beschleunigt (Quelle: Fa. Bender).



herkömmlichen Regelsaatgutmischungen gibt es eine große Zahl weiterentwickelter Mischungen und Verfahren unter Verwendung von autochthonem oder gebietseigenem Saatgut für Begrünungen unter besonderer Beachtung der Nachhaltigkeit und der Konformität mit dem Bundesnaturschutzgesetz (FLL 1999). Bei der Auswahl des Saatguts ist zu bedenken, dass Böschungsflächen Extremstandorte sind, insbesondere wenn es sich um Rohbodenflächen handelt. Mit standardisiertem Regelsaatgut lassen sich hier oft nur mäßige Begrünungsergebnisse erzielen. Ein kurz-

fristig deckender Bewuchs ist mit preiswertem Regelsaatgut oder billigen Weidelgrasmischungen meist einfach herzustellen, der langfristige Erfolg der Maßnahme und die Erosionsschutzfunktion sind auf solchen Standorten jedoch auf diese Weise oft nicht zu gewährleisten (Bild 14). Aus diesem Grunde sollte auf den Standort abgestimmtes, artenreiches Regiosaatgut oder gebietsheimisches Saatgut aus Druschgut- oder Heumulchverfahren verwendet werden (Engelhardt 2000). Auf diese Weise kann – über einen kurzfristigen Begrünungserfolg hinaus –

auch ein dauerhafter Erosionsschutz erzielt werden.

Neben der Art der Saatgutmischung ist auch die Menge des ausgebrachten Saatguts für das Begrünungsergebnis entscheidend. Gerade bei den beschriebenen artenreichen Mischungen sollten die empfohlenen, oft geringen Aufwandmengen (≤ 5 g/m²) nicht überschritten werden; andernfalls hätten die aufkommenden Pflanzen aus Konkurrenzgründen keinen ausreichenden Raum für die Bildung eines gesunden Bestands mit ausreichender Erosionsschutzwirkung. Umgekehrt führen bei Regelsaatgut Ansaaten unterhalb der Regelaufwandmengen häufig zu einer langsameren und schütteren Vegetationsentwicklung.

Eine Beschleunigung der Begrünung lässt sich - vor allem beim Einsatz kräuterreicher Mischungen - durch die gezielt dosierte Zugabe von Ammengräsern erzielen. Hierbei handelt es sich um eine sogenannte Schnellbegrünungskomponente, also um schneller keimende Gräser (z. B. Roggen, Einjähriges Weidelgras, Roggentrespe), deren rasche Entwicklung zu einem früher eintretenden Begrünungserfolg und Erosionsschutz führt. Roggen etwa keimt noch bei Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt und wird daher gerne bei Herbst- und Winteransaaten eingesetzt. Im Schutze der Ammengräser entwickeln sich Rasengräser und Kräuter zudem besser (Bild 15).

Dünger

Ein entscheidender Faktor für das Pflanzenwachstum ist das Angebot an pflanzenverfügbaren Nährstoffen. Mithilfe von Düngemitteln lässt sich dieser zunächst recht einfach beeinflussen, doch auch hier ist wieder die langfristige, dauerhafte Entwicklung der Flächen über mehrere Vegetationsperioden zu berücksichtigen. Auf bindigen Substraten und während der Vegetationsperiode können mineralische Dünger die Etablierung der Vegetation beschleunigen; auf grobkörnigen, durchlässigen Böden und beim Einsatz außerhalb der Wachstumsperiode sind sie jedoch oftmals kaum wirksam, da sie oft schon vor der eigentlichen Entwicklung des Saatguts zu einem großen Teil ausgewaschen werden und der jungen Saat nicht mehr zur Verfügung stehen. Die Folgen sind eine verzögerte Vegetationsentwicklung und Pflanzen mit deutlichen Mangelerscheinungen (Bild 16). Organische Düngemittel hingegen stellen eine längerfristig fließende Nährstoffquelle dar, sodass standortgerechte Saatgutmischungen auch auf Rohböden eine dichte Narbe ausbilden können (Bild 17).

Mulchstoffe und Geotextilien

Eine Abdeckung der Saat aus organischen Mulchfasern wie Strohhäcksel (300 g/m²) in Verbindung mit Trockenzellulose (60 g/m², jeweils Mindestaufwandmengen nach DIN 18918) bedeutet eine Standortverbesserung hinsichtlich des Feuchtigkeits- und Temperaturhaushalts und damit eine oftmals deutliche Beschleunigung des Auflaufens und der anschlie-Benden Vegetationsentwicklung 1998). Mulchlagen reduzieren die Verdunstung, begünstigen die Bodenbildung, verbessern das Bodengefüge und den Erosionsschutz und schützen Saat und Keimlinge gegen mechanische und witterungsbedingte Einflüsse wie z. B. Starkregen, Hitze und Frost (Bild 18). Effektiver als Kurzhäckselstroh ist naturgemäß Langstroh, das ersterem in den genannten Eigenschaften überlegen ist (Florineth 2004, Begemann/Schiechtl 1986). Der wirksamste und nachhaltigste Mulcheffekt und die wirksamste Begrünungsbeschleunigung werden mit Erosionsschutzmatten erzielt. Diese Geotextilien bestehen aus reinen Stroh- oder Kokosfasern oder einer Mischung aus beiden, werden nach der Ansaat verlegt und halten mindestens ein Jahr. Zugleich ist die Böschung zuverlässig gegen Oberflächenerosion geschützt (Bloemer 2012).

Kleber

Auf geneigten Flächen werden Saatgut, Zusatzstoffe und Bodenpartikel durch Regen oder Wind abgespült bzw. verweht. Auflaufende, kaum verwurzelte Keimlinge werden durch die kinetische Energie der Regentropfen und von ablaufendem Wasser aus dem Boden geschwemmt und hangabwärts verfrachtet. Die Folgen sind Verzögerungen und Fehlstellen im Aufwuchs. Geeignete Bodenkleber wirken antierosiv und fixieren die Saat auf der Böschung (FLL 1998). So ist eine vollflächige und zeitnahe Keimung gewährleistet. Die vom Hersteller angegebene Mindestaufwandmenge ist unbedingt zu beachten; zur Optimierung der Kleberleistung hat sich ein Zusatz von mindestens 60 g Zellulosefasern (Trockensubstanz) je m2 gemäß DIN 18918 bestens bewährt.

Bodenverbesserungsstoffe

Mineralische und organische Bodenverbesserungs- und Bodenaktivierungsmittel verbessern die Bodeneigenschaften und verringern damit Stressfaktoren für die Vegetation. So wirken z. B. Schichtsilikate (Bentonit) und Polyuronide (Alginate) multifunktional: Sie erhöhen die Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität, fördern das Bodenleben und die Bodenfruchtbarkeit, verbessern das Bodengefüge und verringern den Bodenabtrag. Begrünungen unter Einsatz dieser Komponenten zeitigen meist ein deutlich schnelleres und qualitativ besseres Ergebnis insbesondere auf kritischen Standorten wie Rohböden und stark geneigten Flächen (FLL1998).

4.8 Verbiss

Auf manchen Rekultivierungsflächen siedeln derart große Kaninchenpopulationen, dass Keimlinge und Jungpflanzen einem steten Stress durch Verbiss ausgesetzt sind. Der stete Verbiss führt zu stark verzögertem Pflanzenwachstum und extrem kurzer Grasnarbe; mancherorts kann sich der Bewuchs auch nach mehreren Jahren nicht richtig ausbilden. Zu den Verbissschäden kommen noch Tritt- und Grabschäden, die insbesondere in Aufschüttungen wie Deponien, Dämmen und Deichen erhebliche Probleme verursachen können. Im Gegensatz zu Gehölzpflanzungen können rasenartige Vegetationsbestände nicht mit Antiverbissmitteln geschützt werden. Hier hilft nur Bejagung und die aktive Förderung oder Ansiedlung von Raubtieren, die den Kaninchenbestand in Schach halten.

4.9 Sonstige Faktoren

Im Bankettbereich und in angrenzenden Flächen an Straßenrändern treten vor allem im Frühjahr und Frühsommer immer wieder Aufwuchsprobleme und Ausfälle im Vegetationsbestand auf. Bodenanalysen ergeben hier oft sehr hohe, phytotoxi-

sche Ionenkonzentrationen aufgrund des Tausalzeinsatzes. Zu hohe Salzkonzentrationen (≥ ca. 100 mg Na bzw. Cl/kg) im Boden stören das osmotische Gleichgewicht im Wurzelraum und erschweren die Wasseraufnahme durch die Wurzeln. Die Folgen sind dürreähnliche Schadsymptome (Gelb- und Braunfärbung durch Blattchlorosen und -nekrosen) bis hin zum partiellen oder flächigen Kümmern und Absterben der Vegetation. Manche Saatgutmischungen werden zwar als besonders salztolerant bezeichnet, doch von echter Salzverträglichkeit kann dabei keine Rede sein. Wird der kritische Salzgehalt im Boden überschritten, treten zwangsläufig entsprechende Vitalitätseinbußen bis hin zu großflächigen Schäden auf.

Erhöhte Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffen (z. B. PAK, Schwermetalle) können, sofern sie in pflanzenverfügbarer Form im Boden vorliegen, phytotoxische Auswirkungen haben. Besonders stark schwermetallbelastet sind Metallhüttenschlacken, Flugaschen von Kohlekraftwerken, Müllverbrennungsaschen, Klär- und Baggerschlämme, z. T. auch Bauschutt und Stahlwerkschlacken, Straßenaufbruch. Die Pflanzenverfügbarkeit dieser Schadstoffe ist häufig eher gering und hängt von weiteren Bodeneigenschaften wie z.B. dem pH-Wert und dem Gehalt an organischer Substanz ab. Diese Bodeneigenschaften sind durch geeignete Maßnahmen (Kalkung, Zugabe organischer Substanz) beeinflussbar, sodass die Schadstoffverfügbarkeit reduziert werden kann.

Ansaaten auf geringmächtigen Bodenandeckungen über Dichtungsbahnen und Folien führen häufig zu verzögerter und lückiger Vegetationsentwicklung, weil diese Standorte besonders dürreanfällig sind; die Sperrwirkung solcher Baustoffe führt dazu, dass Wasser aus tieferen Bodenlagen weder kapillar aufsteigen noch durch die Wurzeln aufgenommen werden kann. Vergleichbares gilt für Oberboden-



andeckungen auf stark bindige und verdichtete Substrate (siehe Abschnitt 4.1). Sämtliche Maßnahmen, die den Feuchtigkeitshaushalt im Boden positiv beeinflussen, können zu einer Abmilderung der Situation beitragen (siehe Abschnitt 4.3).

5. Ausblick

Die obigen Ausführungen zeigen, dass zahlreiche Einflussfaktoren in der Lage sind, Keimung und Entwicklung von Erosionsschutzansaaten zu verzögern und zu beeinträchtigen. Die bauseitige Bodenbehandlung sowie relief- und witterungsbedingte Aspekte sind hierbei von besonderer Bedeutung, wobei letztere einen immer größeren Einfluss gewinnen werden. Seriösen Prognosen zufolge dürfte sich der globale Klimawandel in den kommenden Jahrzehnten in Deutschland regionenabhängig mit einer Erhöhung der Winterniederschläge um 10 bis 50 % bemerkbar machen. Dagegen ist - je nach Region – ein Niederschlags-Sommerdefizit von 10 bis 50 % zu erwarten. Gleichzeitig wird die Niederschlagsvariabilität zunehmen, es wird also vermehrt mit Starkniederschlägen und Trockenperioden zu rechnen sein (Bloemer 2008, Spekat et al. 2007). Der Zeitraum zwischen der Saatgutaufbringung, dem Auflaufen der Saat und der nachfolgenden Vegetationsetablierung wird somit vor allem in der warmen Jahreszeit tendenziell größer. Damit steigt bei gleichzeitig zunehmender Neigung zu Starkniederschlägen das Erosionsrisiko weiter an.

Durch dieses zu erwartende Szenario gewinnen Maßnahmen zur Beschleunigung der Keimung und Entwicklung von ingenieurbiologischen Ansaaten zwecks Vermeidung kostspieliger Erosionsschäden immer stärker an Bedeutung. Die Hilfsmittel hierzu stehen in Form von standort-, fach- und DIN-gerechten Nassansaat-Rezepturen bereits jetzt zur Verfügung. Wären Planer, Bauherren und Bauunternehmen entgegen häufiger Praxis bereit, eine angemessene Begrünung auszuschreiben und die Kosten dafür zu tragen, könnten Folgeschäden, welche die Ansaatkosten meist massiv überschreiten, vermieden oder in überschaubaren Grenzen gehalten werden.

Literaturverzeichnis

Bärtels, A. (1989): Gehölzvermehrung, 370 S., Stuttgart Begemann, W.; Schirchtl, H. M. (1986): Ingenieurbiologie – Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau. 203 S., Wiesbaden, Berlin.

Bender GmbH & Co. KG (seit 2005, ständig aktualisiert): Informationen und Planungshilfe für Landschaftsarchitekten, Ingenieurbüros und Behörden.

Bloemer, S. (2000): Böschungssicherung durch Extremflächenbegrünung: Hydraulische Nassansaat an der ICE-Neubaustrecke Köln-Rhein/Main. Jahrbuch 9 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e. V. 2000: Ingenieurbiologie – Sicherung an Verkehrswegeböschungen, S. 393-406

Bloemer, S. (2002): Oberbodenandeckungen auf Böschungen: Immer problematisch. GaLaBau 11+12/2002, S. 48-50

Bloemer, S. (2003): Erosionsschutz und Begrünung von Böschungen im Verkehrswegebau: Optimierung durch Rohbodenbegrünung statt Oberbodenandeckung. Straßenverkehrstechnik 2/2003, S. 90-95

Bloemer, S. (2008): Ingenieurbiologie und Klimawandel – worauf sich Planer und Unternehmen einstellen müssen. Neue Landschaft 8/2008, S. 46-53

Bloemer, S. (2012): Geotextilien zum Erosionsschutz und zur Böschungssicherung – eine vergleichende Analyse. Straße und Autobahn 6/2012, S. 362-370

Bocksch, M. (2001): Keimung – Start für neuen Rasen. Rasenthema April 2001, Deutsche Rasengesellschaft e. V., (http://www.rasengesellschaft. de/content/rasenthema/2001/04.php)

Brückner, K. (2000): Gehölzansaaten auf Autobahnböschungen in Baden-Württemberg. Ingenieurbiologie – Sicherung an Verkehrswegeböschungen. Jahrbuch 9 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e.V. 2000, S. 379-391

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2003): Landschaftsbauarbeiten VOB/StLB/STLK, DIN-Taschenbuch Nr. 81, 6. Auflage, 704 S.

Engelhardt, J. (2000): Das Heudrusch-Ò -Verfahren im ingenieurbiologischen Sicherungsbau. Ingenieurbiologie – Sicherung an Verkehrswegeböschungen. Jahrbuch 9 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e. V. 2000, S. 165-174.

FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.) (1998): Empfehlungen zur Begrünung von Problemflächen. Bonn, 108 S.

FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.) (1999): Empfehlungen für besondere Begrünungsverfahren. Bonn, 29 S.

Florineth, F. (2004): Pflanzen statt Beton. Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik. 272 S., Berlin, Hannover

Gandert, K.-D.; Bures, F. (1991): Handbuch Rasen – Grundlagen, Anlage, Pflege. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.

geodz.com: http://www.geodz.com/, Online-Lexikon Geografie, Lexikon Geologie, Lexikon Geodäsie, Topologie & Geowissenschaften

Geyer, V. (2010): Einfluss von Ernte- und Reinigungsmaßnahmen auf die Keimfähigkeit von Wildpflanzensaatgut unter Berücksichtigung des optimalen Samenertrags. Diplomarbeit, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie, 118 S.

Hacker, E.; Johannsen, R. (2012): Ingenieurbiologie. Stuttgart, 383 S.

Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung (1993): Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut – Vorschriften 1993; Seed Sci & Technol. 21, Supplement 2, Zürich

Johannsen, R.; Spundflasch, F. (2012): Ingenieurbiologische Sicherung und Begrünung von Autobahnböschungen aus sehr stark sauren Sanden am Autobahnkreuz Leipzig Süd. Gesellschaft für Ingenieurbiologie e. V., Mitteilungen 37. S. 2-8

Kirmer, A.; Tischew, S. (Hrsg.) (2006): Handbuch naturnahe Begrünung von Rohböden. 195 S., Wiesbaden

Mac Carthaigh, D.; Spethmann, W. (2000): Krüssmanns Gehölzvermehrung, 435 S., Berlin, Wien

Molder, F. (1995): Vergleichende Untersuchungen mit Verfahren der oberbodenlosen Begrünung unter besonderer Berücksichtigung arealund standortbezogener Ökotypen. Boden und Landschaft 5, Gießen.

Sauerwein, F. (1985): Keimprüfungen bei Arten der spontanen Vegetation. Notizbuch der Kasseler Schule 2. Selbstverlag der AG Freiraum und Vegetation, Kassel, S. 50 -79

Scheffer, F.; Schachtschabel, P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde, Stuttgart

Spekat, A.; Enke, W.; Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Publikationen des Umweltbundesamtes Januar 2007, 112 S. + 28 S. Anhang. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes, FuE-Vorhaben, Förderkenn-zeichen 204 41 138

Stalljann, E. (1987): Erosionsschutz und Begrünung bei problematischen Bodenverhältnissen in Hanglagen. Werteermittlungsforum 4/1987, herausgegeben vom Sachverständigen-Kuratorium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Gartenbau, Landespflege, Weinbau, Binnenfischerei; Sonderdruck S. 1-6

Stalljann, E. (2000): Die Nassansaat als ingenieurbiologische Maßnahme im Straßenbau. Ingenieurbiologie – Sicherung an Verkehrswegeböschungen. Jahrbuch 9 der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e. V. 2000, S. 57-98

Stolle, M.: Mitteilung per E-Mail vom 10.10.2012. Matthias Stolle, Begrünungsberatung, Wildpflanzensaatgut, Vermehrung und Handel, Mitglied im Verband deutscher Wildsamen- und Wildpflanzenproduzenten e. V., Saalestraße 5, 06118 Halle/S.