



GeRI

Gestaltung
Resilienter
Infrastrukturen



Toolbox für einen klimaresilienten Wasserhaushalt

Stand: 23. September 2025



Erstellt durch:



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Professur Landschaftsplanung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Region gestalten

Toolbox für einen klimaresilienten Wasserhaushalt

Stand: 23. September 2025

Erstellt durch:



Fakultät Architektur und Landschaft der TU Dresden, 01062 Dresden
Institut für Landschaftsarchitektur, Lehr- und Forschungsgebiet
Landschaftsplanung

Leitung: Prof. Dr. C. Schmidt
Bearbeitung: T. Leukefeld, M.Sc.; M. Meier, M.Sc.; P. Herrmann, M.Sc.
unter Mitwirkung von: M. Krause, cand. M.Sc.; M. Hellebrand, cand. M.Sc.;
R. Böhle; A. Hamann; D. Karaguni; J. Muser; N. Rothe; L. Völker; J. Winkler
Layout & Zeichnungen: T. Leukefeld, M.Sc.

Anleitung zur Toolboxbenutzung:

Gestöbert werden kann entweder anhand des Umsetzungsortes: 1) Gebäudebezogene Grundstücke, 2) Siedlungsübergreifende Freiräume, 3) Offenland oder 4) Wälder und Forsten – oder nach Maßnahmenart: a) grüne Maßnahmen, b) blaue Maßnahmen, c) graue Maßnahmen – oder den Leitzielen. Für die beiden Aktionsräume Partheland und Schleenhain liegen zudem jeweils eine Konzeptkarte mit Schwerpunktfächen zur Umsetzung vor.

Förderhinweis:

Die Toolbox basiert auf einer Resilienzanalyse des Siedlungs- und Landschaftswasserhaushaltes für die Aktionsräume Partheland und Schleenhain der TU Dresden (TUD 2024) und wurde im Rahmen des Vorhabens „GeRI – Gestaltung Resilienter Infrastrukturen“ innerhalb des Programms „Region Gestalten“ des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen in Zusammenarbeit mit dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert. Die auf den Karten der Aktionsräume verorteten Schwerpunktfächen für möglich Maßnahmen ergeben sich aus der zugrunde liegenden Resilienzanalyse. Diese ist ebenso über den Landkreis Leipzig kostenfrei zu beziehen.

Legende zur Toolboxbenutzung:



Wirkungen der jeweiligen Toolgruppe



Hinweise auf Fördermöglichkeiten



rechtliche Rahmenbedingungen und Leitfäden



Detailblick Einzel-Tool

Art der Tools:



grün = Maßnahmen, die die Vegetation betreffen oder nach Umsetzung neues Grünvolumen schaffen



blau = Maßnahmen, die natürliche oder künstliche Oberflächengewässer betreffen oder schaffen



grau = Maßnahmen, die technische Elemente der Wasserspeicherung, -ableitung und -versickerung zur Umsetzung benötigen



Viele Einzeltools betreffen zwei oder alle drei Aspekte, was innerhalb der Kapitel mit diesen Symbolen gekennzeichnet wird.

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Am Ende jeder Toolgruppe werden die Wirkungen auf das Sicherheitsnetz landschaftlicher Resilienz und seiner Resilienz Faktoren beschrieben. Nach den Prinzipien der redundanten Vielfalt, der dezentralen Konzentration und der robusten Elastizität soll eine Balance zwischen den Resilienz Faktoren erreicht werden.



Diese Toolbox wird unter den Bedingungen der Creative Commons Lizenz Namensnennung – keine Bearbeitung 4.0 International (CC BY – ND 4.0) zur Verfügung gestellt (creativecommons.org/licenses).

Inhalt

Toolgruppen-Überblick & Leitziele	6
<i>Vorblatt Makroebene: 11 übergeordnete Strategien für eine klimaresiliente Wasserversorgung</i>	<i>8</i>
Gebäudebezogene Grundstücke (öffentliche und privat)	13
○ A – Dachbegrünung (Retentionsdächer)	14
Tool A1: Retentions Gründach mit extensiver Dachbegrünung	16
Tool A2: Retentions Gründach mit intensiver Dachbegrünung	16
Tool A3: „Sponge-City-Roof“	17
○ B – Fassadenbegrünung	18
Tool B1: bodengebundene Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe	19
Tool B2: bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfe	19
○ C – Versickerungsteiche (regenwassergespeist)	21
Tool C1: naturnaher Regenwasserteich mit Versickerungsbereich	22
Tool C2: naturnaher Regenwasserteich mit Überlauf in Sickermulde	23
○ D – Niederschlagswassernutzungsanlagen	24
Tool D1: Einbau einer Zisterne mit Überlauf in eine Mulde	26
Tool D2: Einbau einer Zisterne mit Porenbetonring	26
Tool D3: Einbau einer Zisterne mit Überlauf in eine Rigole	26
○ D – Grauwasserrecycling	28
Tool D4: Einbau einer Grauwasserrecyclinganlage	29
○ E – Anpassung von Gebäuden an den Wiederanstieg des Grundwassers	30
Tool E1: Abdichtung erdberührter Bauteile	31
Siedlungsübergreifende Freiräume	33
○ F – Begrünte Versickerungsanlagen	34
Tool F1: Einbau einer begrünten Sickermulde	35
○ G – Teilentsiegelung und versickerungsfähige Flächenbeläge	36
Tool G1: Einbau versickerungsfähiger abflussgeminderter Flächenbeläge	37
○ H – Anpassung von Freiflächen an den Wiederanstieg des Grundwassers	38
Tool H1: Präventives Nutzungsmanagement für vernässungsgefährdete Flächen	39
○ I – Naturnahe Regenrückhaltebecken	40
Tool I1: Anlage naturnaher Regenrückhaltebecken (RRB)	41
○ J – Unterirdische Versickerungsanlagen	42
Tool J2: Rohr-Rigole	43
Tool J3: Füllkörper-Rigole	43
Tool J1: Mulden-Rigole	43
Tool J4: Tiefbeet-Rigole	44
Tool J5: Baum-Rigole	45
○ K – Umbau der Kanalisation	49
Tool K1: Umbau des Mischsystems in modifiziertes Mischsystem	49
Tool K2: Umbau des Mischsystems in Trennsystem	49
Tool K2: Umbau des Mischsystems in modifiziertes Trennsystem	49

Offenland	51
○ L – Retentionssteigernde und erosionsmindernde Anbaumethoden	52
Tool L1: Mulchsaat	54
Tool L2: Direktsaat	55
Tool L3: Strip Till - Streifensaart	57
Tool L4: Agroforst (AFS)	58
○ M – Retentionssteigernde und abflusshemmende Strukturelemente	60
Tool M1: bewirtschaftungsintegrierte Verwallungen	61
Tool M2: Anlage von Hecken zur Schlagunterteilung	63
Tool M3: Dauerbegrünung der erosiven Abflussbahnen	65
○ N – Nutzungsanpassung von vernässungsgefährdetem Offenland	67
Tool N1: Extensivierung der Nutzung vernässungsgefährdeter Wiesen	67
Tool N2: Umwandlung vernässungsgefährdeter Ackerflächen	67
○ O – Entwicklung von naturnahen Gewässerstrukturen	68
Tool O1: Revitalisierung der Gewässersohlenstruktur	70
Tool O2: Revitalisierung der Ufer(-Böschungs)struktur	71
Tool O3: Revitalisierung bzw. Optimierung des Gewässerrandstreifens	75
Tool O4: Um- oder Rückbau von wasserabführenden Drainagen auf bestandsfeuchten Acker- und Grünlandstandorten	79
Wälder und Forsten	83
○ P – Klimaresilienter Waldumbau	84
Tool P1: standort- und trockenheitsangepasster Waldumbau	85
○ Q – Nutzungsanpassung von vernässungsgefährdeten Forsten	87
Tool Q1: Umbau bzw. Extensivierung forstwirtschaftlicher Nutzung	87
Quellenverzeichnis	88
Literaturquellen	88
Internetquellen	92
Rechtsquellen und Planquellen	95
Anhang: Methodik Schwerpunktfächen	96

Leitziele

Die Toolgruppen als grundsätzliche Handlungsansätze sowie die Einzel-Tools als verortete modulare Maßnahmen wirken jeweils auf die Erreichung eines oder mehrerer Leitziele hin. Die Leitziele leiten sich aus der Risikoanalyse zum Siedlungs- und Landschaftswasserhaushalt (TUD 2024) ab und sind in folgender Tabelle aufgeführt. Am Seitenrand der Toolbox wird jeweils erwähnt, auf welche Leitziele die Tools Bezug nehmen.

Leitziel 1:	Schonung der Grundwasserressourcen und Förderung der Grundwasserneubildung, um sie in einen langfristig guten mengenmäßigen Zustand zu überführen oder diesen zu halten und damit trinkwasserseitig im Krisenfall auch autark abgesichert zu sein
Leitziel 2:	Förderung eines resilienten Landschaftswasserhaushaltes mit einhergehendem <i>Wassererosionsschutz, dezentralem Hochwasserschutz, naturnaher Gewässerentwicklung</i> sowie der <i>Reduzierung der Sensitivität gegenüber Trockenheit</i> durch angepasste Ackerbau- und Landnutzungsformen
Leitziel 3:	Anpassung des Siedlungswassermanagements an Extremereignisse durch <i>Diversifizierung der Regenwasserbewirtschaftung</i>
Leitziel 4:	Schutz und Anpassung insbesondere der Siedlungen im Aktionsraum Schleenhain im Zuge des bergbaubedingten Grundwasserwiederanstiegs durch <i>Prüfung der betroffenen Keller und Gebäude auf Abdichtung</i> und ggf. <i>Anpassung der Siedlungs- und Landflächennutzung</i>

Toolgruppen-Überblick

Im Folgenden findet sich ein tabellarischer Überblick zu den Toolgruppen, der Lage, dem Effekt auf die Resilienz und auf welche Leitziele (LZ) hingewirkt wird. Stehen die Leitziele in Klammern, haben diese eine sekundäre Wirkung zur Erreichung des Ziels und andere Toolgruppen sind ggf. besser geeignet. Wie im Inhaltsverzeichnis zu erkennen, sind den Toolgruppen jeweils mehrere Einzeltools untergeordnet, die genauer ins Detail gehen.

Lage	Toolgruppe	Resilienzeffekt	Leitziel
Gebäudebezogene Grundstücke (Mikroebene)	A – Gründächer und Retentions Gründächer B – Fassadenbegrünungen (in Verbindung mit Zisternen zur Bewässerung)	Stärkt Resilienz gegenüber Starkregen und Hochwasser (dezentraler Rückhalt bzw. Versickerung von Spitzenabflüssen bei Starkregen, Einsparung von Gießwasser)	LZ 3 (LZ 1) (LZ 2)
	C – Dezentrale Regenwasserteiche	Steigerung von Redundanz, Vielfalt und Elastizität in der Niederschlagsbewirtschaftung, Annäherung an natürliche Wasserhaushaltskomponenten (Erhöhung der Verdunstung im Siedlungsbereich), Vielfalt in der Grundwasseranreicherung	LZ 3
	D – Anlagen zur Wasseraufbereitung und -wiederverwendung (Zisternen und Graunwasserrecycling)	Schonung der Grundwasserressourcen durch Einsparung von Trinkwasser, Stauraum für Spitzenabflüsse zur Minderung von Überflutung und Hochwasserentstehung	LZ 1 (LZ 2) LZ 3
	E – Prüfung auf Vernässungssicherheit und ggf. Abdichtung von Gebäudeteilen gegen Grundwasserwiederanstieg bzw. Nutzungsanpassung in potentiell vernässungsgefährdeten Gebieten	Erhöhung der Robustheit gegenüber Vernässung (oberflächennahem Grundwasser); potentielle Erhöhung der Elastizität bei Schaffung von vernässungssicheren Freiflächen	LZ 4

Lage	Toolgruppe	Resilienzeffekt	Leitziel
Straßenraum und siedlungsnahes Umland (Mesoebene)	F – Oberirdische Versickerungsanlagen (Sickermulden)	Stärkung der Robustheit und Dezentralität der Trinkwasserversorgung durch die Unterstützung lokaler Grundwasserressourcen; Erhöhung der Resilienz ggü. Hochwasser und Starkregen durch Auffangen von Oberflächenabflüssen; Entlastung des Abwassersystems durch Abkopplung von Niederschlagswasser	LZ 1–3
	G – Teilentsieglung und Einsatz versickerungsfähiger Flächenbeläge	Siehe F, Versickerungsmöglichkeiten in der Fläche werden geschaffen	LZ 1–3
	H – Anpassung von Freiflächen an den Wiederanstieg des Grundwassers	Erhöhung der Elastizität bei Schaffung von vernässungstoleranten Freiflächenutzungen, welche durch Staunässe nicht degradiert werden	LZ 4
	I – Zentrale Regenrückhaltebecken	Vermeidung von lokalen Überflutungen im Siedlungsbereich durch Ableitung und Rückhalt von Extremniederschlägen; Erhöhung von Verdunstungsanteilen im Siedlungsbereich (Lokalklima)	LZ 3
	J – Technische Versickerungsanlagen (Mulden-Rigolen, Rohr-R., Füllkörper-R., Tiefbeet-R., Baum-R.)	Diversifizierung der Niederschlagswasserbewirtschaftung mit positiven Nebeneffekten auf Versickerung, Verdunstung und Vitalität des Stadtgrüns	(LZ 1) LZ 2 LZ 3
	K – Modifikation des Abwassersystems / Umbau von Mischsystemen (Modifikation / Entkopplung von Niederschlagswasser)	Entlastung der Kanalisation und Klärwerke bei Stärkung der Dezentralität	(LZ 1) LZ 2 LZ 3
Offenland (Mesoebene)	L – Einsatz konservierender Bodenbearbeitung (z.B. Mulch-, Direkt-, Streifensaat, Agroforstsysteme)	Senkt das Risiko von Bodenabtrag, Austrocknung des Bodens und mindert Oberflächenabflüsse von Niederschlagswasser	LZ 2 (LZ 1)
	M – Retentionssteigernde und abflusshemmende Strukturelemente (bewirtschaftungsintegrierte Verwallungen, Schlagunterteilung durch Hecken und Dauerbegrünung von Abflussbahnen)	Minderung des Risikos von erosiven Abflussbahnen gegen Bodenabtrag und Oberflächenabfluss; Haltung der Feuchtigkeit in der Fläche zur Prävention von Austrocknung; sekundär positive Auswirkung auf Grundwassermenge und -qualität	LZ 2 (LZ 1)
	N – Nutzungsanpassung von vernässungsgefährdetem Offenland	Erhöhung der Elastizität bei Schaffung von vernässungstoleranten Grünflächennutzungen und Erhöhung der Vielfalt des Wasserrückhalts in der Fläche	LZ 2 LZ 4
	O – naturnahe Gewässerstrukturen (Revitalisierung von Gewässersohle, Uferstruktur und Gewässerrandstreifen; Um- und Rückbau von Drainagen)	Erhöhung der Resilienz gegenüber Trockenheit von Fließ- und Standgewässern; sekundär: Stärkung der Grundwasserneubildung	LZ 2 (LZ 1)
Wald (Mesoebene)	P – klimaresilienter Waldumbau (auf Flächen geringer Resilienz gegenüber Trockenheit)	Erhalt gesunder Waldbestände zur Erhöhung der Resilienz gegenüber Trockenheit; Wasserhaltung in der Fläche vor allem während sommerlicher Trockenperioden; sekundäre positive Auswirkung auf die Grundwasserneubildung	LZ 2 (LZ 1)
	Q – Umbau von vernässungsgefährdeten Wald- und Forstflächen	Umbau zu vernässungstoleranten Waldbeständen zur Erhöhung der Elastizität der Flächen und der Bewahrung einer hohen Resilienz gegenüber Trockenheit sowie einer hohen Vielfalt der Retention in der Landschaft	LZ 2 LZ 4

11 übergeordnete Strategien für eine klimaresiliente Wasserversorgung

Die einzelnen Tools der Toolbox können nur wirksam werden, wenn gleichzeitig folgende übergeordnete Strategien verfolgt werden:



- **Nachhaltige Wassergewinnung:** Es kann nur so viel Trinkwasser gewonnen werden, wie sich langfristig auch neu bildet.

Die für die Trinkwasserbereitstellung genehmigten Entnahmemengen dürfen grundsätzlich nicht das Maß der natürlichen Regeneration der Wasserressourcen überschreiten. Für die Genehmigung von Entnahmemengen ist stets anhand von Klimaprojektionen und darauf basierenden Prognosen der Grundwasserneubildung und der langfristig auch in trockenen Szenarien zur Verfügung stehenden Grundwasserressourcen nachzuweisen, dass durch die Trinkwassergewinnung keine erheblichen Beeinträchtigungen des Landschaftswasserhaushaltes hervorgerufen werden. Sichtbare Landschaftsschäden stellen einen Anlass für eine Überprüfung bisher genehmigter Entnahmemengen dar.



- **Vielfalt in der Trinkwasserversorgung:** Kommunen sollten ihr Trinkwasser aus möglichst mehreren Trinkwassergewinnungsgebieten beziehen und im Krisenfall die Mengen variieren können. Zudem ist auch eine Vielfalt in den Ressourcen (Grundwasser, Uferfiltrat etc.) anzustreben.

Kommunen, die ihr Trinkwasser nur aus einem einzigen Trinkwassergewinnungsgebiet beziehen, sind im Krisenfall nicht resilient. Eine größere Vielfalt in den Bezugsquellen und zudem die Flexibilität, Bezugsmengen erhöhen und reduzieren zu können, sorgt für Stabilität in Krisenzeiten.



- **Dezentrale Konzentration in der Trinkwasserversorgung:** Es braucht eine gute Balance zwischen der Nutzung lokaler, räumlich eng benachbarter und weiter entfernter Wasserressourcen.

Kommunen, die ihr Trinkwasser ausschließlich aus lokalen Inselwasserwerken beziehen, sollten ihre Resilienz durch den optionalen Bezug weiter entfernter Wasserressourcen erhöhen, während sich Kommunen, die in sehr hohem Maße ihr Trinkwasser aus der Fernwasserversorgung beziehen, die Option räumlich enger benachbarter Wasserressourcen eröffnen sollten. Einseitigkeiten erhöhen die Krisenanfälligkeit. Modulare Ab- und Zuschaltungen, Redundanzen und eine gute Balance zwischen Vernetzung und Autarkie erhöht die Resilienz (Prinzip „Wasserverbund“).



- **Regelmäßiges Monitoring:**

Sowohl die Pegel der Fließgewässer und des Grundwassers als auch der Trinkwasserverbrauch sind regelmäßig einem Monitoring zu unterziehen bzw. bereits etablierte Monitoringstrukturen sind zu erhalten. Wasserbehörden und Wasserversorger sollten die Pegelstände öffentlich und leicht zugänglich machen. Sommerlich oder dauerhaft niedrige Oberflächenwasserpegel stellen einen Anlass dar, Maßnahmen gegen Austrocknung von Standgewässern und zur Gewährleistung ökologischer Mindestabflüsse von Fließgewässern durchzuführen. Kontinuierlich sinkende Grundwasserpegel signalisieren, dass es notwendig ist, die Entnahmemengen zu überprüfen und die Grundwasserneubildung zu fördern.



- **Festlegung von Prioritäten der Wassernutzung:** Bei Entscheidungen zu Wasserentnahmen und Wassernutzungen soll die folgende „Kaskade der Wassernutzung“ als Orientierung herangezogen werden:¹

Rang 1: Ökologisch begründete Mindestabflüsse

Der mittlere Niedrigwasserabfluss (MNQ) der Fließgewässer soll auch in Niedrigwasserzeiten möglichst gesichert werden, damit der ökologisch gute Zustand des jeweiligen Fließgewässertyps erreicht werden kann. Ein resilienter Landschaftswasserhaushalt stellt die Voraussetzung für eine dauerhafte und nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen des Landkreises dar und ist deshalb in seiner ökologischen Funktionsfähigkeit zu sichern.

Rang 2: Sicherung der Trinkwasserversorgung

Die Trinkwasserversorgung für die Bevölkerung ist jederzeit sicherzustellen. Sie hat Vorrang vor anderen Nutzungen von Wasserressourcen.

Rang 3: Bestehende Wasserrechte Industrie und Gewerbe

Zur Aufrechterhaltung der Produktion von Industrie und Gewerbe müssen die bestehenden Wasserrechte abgedeckt werden.

Rang 4: Bestehende Wasserrechte Landwirtschaft

Die landwirtschaftliche Nutzung soll schrittweise an den Klimawandel angepasst werden. Wo möglich sollen trockenheitsangepasste Fruchtarten angebaut werden. Ist eine Bewässerung von Teilflächen jedoch unabdingbar, soll diese zur Absicherung der Nahrungsmittelproduktion gewährleistet werden.

Rang 5: Flutung der Abbauhohlformen im aktiven Bergbau

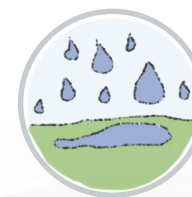
Die fristgerechte Flutung der Abbauhohlformen ist anzustreben, auch wenn sie mengenmäßig eine Herausforderung für die Region darstellen wird.

Rang 6: Gewässertourismus im Leipziger Neuseenland, z.B. der Schleusenbetrieb

Zusätzliche Wassermengen in den Fließgewässern zur permanenten Ermöglichung des Schleusenbetriebs und Gewässertourismus im Leipziger Raum sollen dann ermöglicht werden, wenn ausreichende Wasserressourcen für die o.g. Nutzungen zur Verfügung stehen.

Rang 7: Neue Wasserentnahmen

Neue Entnahmen von Grund- oder Oberflächenwasser sind nur dann und nur solange zulässig, wie ausreichende Wasserressourcen für die o.g. Nutzungen zur Verfügung stehen.



- **Verstärkte Regenwassernutzung:** Es sollten alle Möglichkeiten, Regenwasser innerhalb der Siedlungsbereiche für die Bewässerung von Grünflächen zu nutzen oder dezentral zu versickern, ausgeschöpft und damit zugleich die Abwasserinfrastruktur entlastet werden.

Rückhalt und Nutzung von Niederschlagswasser sollte flächendeckend im gesamten Landkreis praktiziert werden. Überall, wo die Durchlässigkeitsbeiwerte des Bodens,

¹ abgewandelt nach Steuerungsgruppe Leipziger Neuseenland (Berkner, Andreas 2024).

Trinkwasserschutzgebiete und Altlastenstandorte es zulassen, sollten überschüssige Niederschlagsmengen nach gegebenenfalls nötiger Vorreinigung versickert werden. Nur dort, wo der Boden keine geeigneten Versickerungseigenschaften aufweist, ist nach Rückhalt und Nutzung eine gedrosselte Ableitung in die Kanalisation zu empfehlen.



- **Verstärkte Nutzung von Grauwasser: Die Möglichkeiten der Grau- und Brauchwassernutzung sollten im Landkreis im privaten und gewerblichen Bereich stärker ausgebaut werden.**

Eine Senkung des Trinkwasserverbrauchs und damit der Grundwasserentnahmen vor Ort sollte durch die Mehrfachnutzung von Grauwasser, zum Beispiel für Toilettenspülungen, und der Mehrfachnutzung von Wasser im industriellen Brauchwasserbereich erreicht werden.



- **Freihaltung von Hochwassergefahrenbereichen: Hochwassergefahrenbereiche sollten von Besiedlung sowie von Objekten und Nutzungen mit Gefährdungspotential im Hochwasserfall freigehalten werden.**

Unter Berücksichtigung der Hochwassergefahrenkarten und Resilienzkarten soll eine Besiedlung im Sinne von Neubau und Ersatzneubau in Hochwassergefahrenbereichen HQ100 und HQextrem vermieden werden. Objekte und Nutzungen mit besonderem Gefährdungspotential im Hochwasserfall, z.B. Klär-, Silo- und Güllenanlagen, sowie kritischen Infrastrukturen sollten verlegt oder hochwasserfest umgestaltet werden.



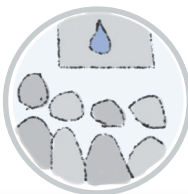
- **Umsetzung der themenbezogenen Ziele und Grundsätze des Regionalplanes Leipzig-Westachsen: Die Planinstrumente 'Sanierungsbedürftige Bereiche der Landschaft' sowie 'Bereiche der Landschaft mit besonderen Nutzungsanforderungen' sollten in Offenland und Wald umgesetzt werden.**

Die themenbezogenen Ziele im Offenland (Z 4.1.2.1, Z 4.1.2.3, Z 4.1.2.12, Z 4.1.2.13, Z 4.1.2.15 bis Z 4.1.2.20 sowie Z 4.1.2.23) und Wald (Z 4.2.2.5 & Z 4.2.2.6) umfassen geeignete planungsrechtliche Strategien, den Grundwasserschutz, die Verbesserung des Wasserrückhalts, die Oberflächengewässersanierung, den Wassererosions- und Hochwasserschutz sowie den Waldumbau in der Fläche gezielt umzusetzen.



- **Verstetigung des Wasserdialogs: Es sollte ein kontinuierlicher Austausch von Arbeitsgruppen, Forschungsprojekten und Aktivitäten im Themenfeld sichergestellt werden.**

Der Vielzahl an im Landkreis tätigen Arbeitsgemeinschaften, Fachgremien und Projekten zum Thema Landschafts- und Siedlungswasserhaushalt sollte durch geeignete Kommunikationsformate ein stetiger inhaltlicher Austausch bzw. Wissenstransfer ermöglicht werden.



- **Sensibilisierung der Bevölkerung: Es wird empfohlen, auf der Website des Landkreises Leipzig eine Trinkwasserampel zu etablieren und geeignete Wassersparmaßnahmen zu verlinken.**

Mit Daten zum Wasserverbrauch und -bezug der Aufgabenträger Wasserversorgung sollte eine Trinkwasserampel eingeführt werden, welche die Bevölkerung bei hohem und sehr hohem Durchschnittsverbrauch und Fremdwasserbezug auf Wassersparmaßnahmen und Landkreisregelungen verweist, wie z.B. das Untersagen der Wassernutzung zu bestimmten Zwecken und eine gleichmäßige Verteilung von Gießtagen im Privatgarten.

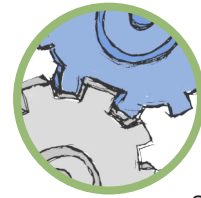


Gebäudebezogene Grundstücke (öffentliche und privat)

Dachbegrünung (Retentionsdächer)	14
Tool A1: Retentionsgründach mit extensiver Dachbegrünung.....	16
Tool A2: Retentionsgründach mit intensiver Dachbegrünung	16
Tool A3: „Sponge-City-Roof“	17
Fassadenbegrünung.....	18
Tool B1: bodengebundene Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe	19
Tool B2: bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfe	19
Versickerungsteiche (regenwassergespeist)	21
Tool C1: naturnaher Regenwasserteich mit Versickerungsbereich	22
Tool C2: naturnaher Regenwasserteich mit Überlauf in Sickermulde.....	23
Niederschlagswassernutzungsanlagen	24
Tool D1: Einbau einer Zisterne mit Überlauf in eine Mulde.....	26
Tool D2: Einbau einer Zisterne mit Porenbetonring	26
Tool D3: Einbau einer Zisterne mit Überlauf in eine Rigole	26
Grauwasserrecycling	28
Tool D4: Einbau einer Grauwasserrecyclinganlage.....	29
Anpassung von Gebäuden an den Wiederanstieg des Grundwassers	30
Tool E1: Abdichtung erdberührter Bauteile	31

Dachbegrünung (Retentionsdächer)

Anlage von Retentions Gründächern auf künftigen Neubauten sowie Nachrüstung der Dachbegrünung auf geeigneten Dächern der stark versiegelten Industrie- und Wirtschaftsstandorte.



Überblick Wirkungen der Dachbegrünung:

- Rückhalt von Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen sowie verteilt übers Jahr: Bei Extensivbegrünung können 40 bis 80% des Jahresniederschlags, bei Intensivbegrünung sogar 80 bis 99% des Jahresniederschlags zurückgehalten werden (*Optigrün o. J.: 4-5*).
- günstige Beeinflussung des Umgebungsklimas: Dachbegrünungen erhöhen die Feuchtigkeit der Umgebungsluft um 20-40% und kühlen die Umgebungsluft um 0,2 bis 0,9°C (*Berliner Regenwasseraagentur o. J.: Dachbegrünung*).
- günstige Beeinflussung der Luftqualität durch Reinigung der Luft: Es können bis zu 10g Feinstaub pro m² und Jahr aufgenommen werden. Dieser wird mit Niederschlag in das Substrat gespült und dort zusätzlich gefiltert (*Berliner Regenwasseraagentur o. J.: Dachbegrünung*).
- günstige Gebäudedämmeigenschaften: Eine Dachbegrünung wirkt wie eine zusätzliche Lage Dachdämmung. Im Sommer fungiert sie als Hitzeschild, womit z.B. Klimatisierungskosten in öffentlichen Gebäuden sinken – im Winter als Wärmedämmung zur Einsparung von Heizkosten (*Optigrün o. J.: 4-5*).
- günstige Wirkung auf Bausubstanz: Dachbegrünungen schützen die Dachhaut gegenüber Witterung und UV-Strahlung, womit sich deren Lebensdauer verdoppelt (*Stadt Leipzig 2023: 2*).
- günstige Wirkung auf Abwassergebühren: Die Entkopplung von Niederschlagswasser vom Abwassersystem führt zu Einsparungen bei der Niederschlagswassergebühr von bis zu 50% (*BUGG 2020: 3*).



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- Modernisierung von preisgünstigem Mietwohnraum (Zuschuss bis zu 35% bei max. 400€/m² – Darlehen bis zu 50% bei max. 50.000€) (*vgl.*

BMWK 2024: Förderprogramm Modernisierung von preisgünstigem Mietwohnraum)

Bundesförderprogramm:

- KfW Umweltprogramm (Darlehen bis zu 100% bei max. 25 Mio. € (*vgl. BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; vgl. KfW 2023: 9*))



Rechtlicher Rahmen:

- Eine nachträgliche Begrünung bedarf nicht zwangsläufig einer Baugenehmigung von der Bauaufsicht: das ist abhängig von Nutzungsart, Lage und Aufbau. Informationen darüber, ob ein Genehmigungsverfahren nötig ist, liefert das zuständige Stadtentwicklungsamt (*Berliner Regenwasseraagentur o. J.: Dachbegrünung*).
- Laut Erlaubnisfreiheits-Verordnung (ErlFreihVO) ist keine Versickerung von überschüssigem Dachwasser in Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten Zone I oder Altlastenböden, in TW-Schutzzone II nur von unschädlich verunreinigtem Dachwasser, in TW-Schutzzone III von nicht schädlich verunreinigtem Wasser nach Einzelfallprüfung gestattet (*ErlFreihVO 2013, Paragraph 5, Abs. 2; Landeshauptstadt Dresden 2016: Mit Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen*).
- Eine Dachbegrünung kann im Rahmen der Eingriffsbilanzierung als Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahme angerechnet werden (*Berliner Regenwasseraagentur o. J.: Dachbegrünung*).

Richtlinien und Leitfäden:

- FLL Dachbegrünungsrichtlinie (2018) // Dachabdichtungsnorm und Flachdachrichtlinie DIN 18531-1:2017-07 // Überflutungsnachweis DIN 1986-100

Überblick Funktionsweise Retentions Gründach (Tools A1 bis A3):

- Voraussetzung: Grundsätzlich eignen sich vorrangig tragfähige gefällelose Flachdächer.
- Manche Firmen hingegen bieten auch Retentionsdachsysteme für Dachneigungen bis zu 5° an (*vgl. Optigrün o. J.: Retentionsdach Abflussbeiwert Mäander FKM 60*).
- Kurzfristig und besonders in Kombination mit Zisternen, Regenwasserteichen oder Ähnlichem können sich auch einfache Retentionssysteme, sogar auf Steildächern bis 35° Neigung, günstig auf den lokalen Wasserhaushalt auswirken (*vgl. ZinCo 2023 a: 4, 10*). Solche Steildachbegrünungen stellen erhöhte Anforderungen an Vegetations- und Bautechnik (*BuGG 2020: 24*).
- Kennzeichen des Retentions Gründachs gegenüber dem gewöhnlichen Gründach ist der Rückhalt einer größeren Niederschlagsmenge auf dem Dach bei anschließender Aufnahme des anfallenden Wassers von der Bepflanzung. Ein Überflutungsnachweis kann nach DIN 1986-100 anteilig auf dem Dach erbracht werden.
- Überschüssiges Wasser versickert in Abstandshalter (sogenannte „Spacer“), die in der Regel eine Einstauhöhe von 6cm haben, und steht dort den Pflanzen bis zur gezielten Ableitung zur Verfügung. Diese Ableitung erfolgt z. B. nach 24 bis 48h über Dachgullys mit Drossel in die Kanalisation oder bestenfalls in eine Sickereinrichtung, sodass in den Spacern Raum für das nächste Starkregenereignis zur Verfügung steht.
- Maßgebend für die Einstellung der Drosselung ist die Abflussspende (l/s) für ein 100-jährliches Regenereignis.
- Integriert wird zumeist eine Notentwässerung. Dabei liegen die Notabläufe 1 bis 2cm über der maximalen Anstauhöhe und entwässern in überflutbare Grundstücksflächen.
- Möglich und empfehlenswert ist zudem die Kombination mit einer Zisterne zur Speicherung des abgeleiteten Wassers (*ZinCo 2023: 3-6*).



Tool A1: Retentionsgründach mit extensiver Dachbegrünung

> Wasserspeichervolumen 72 Liter/m², Aufbauhöhe inkl. Spacer mind. 12 cm

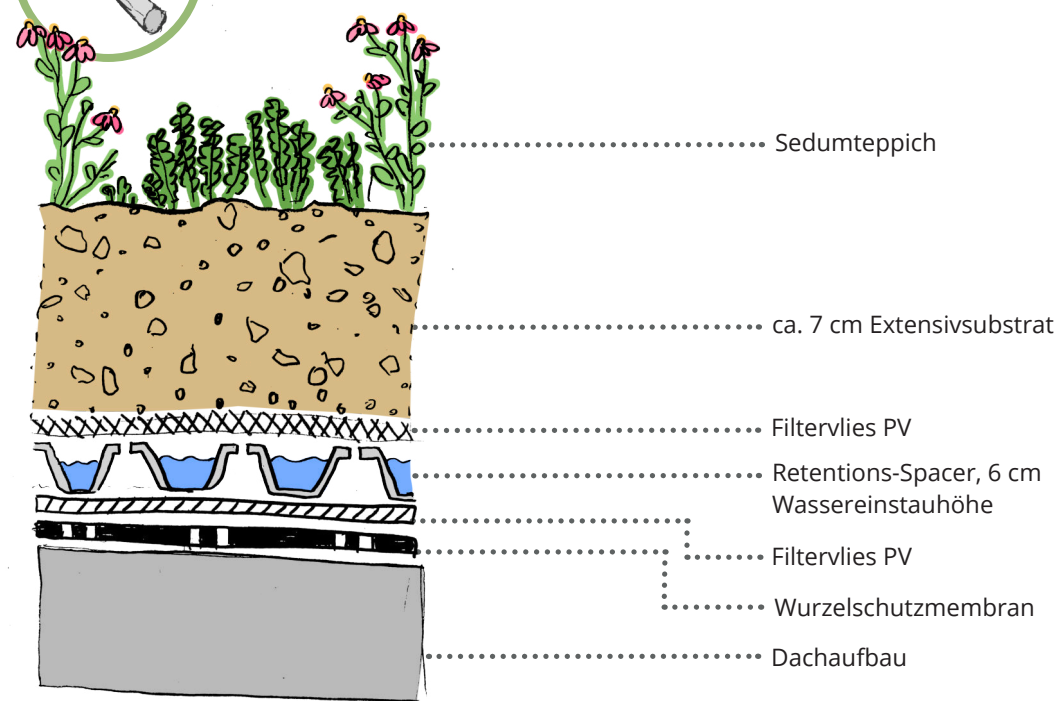


Abb. 1: Systemaufbau Retentionsgründach extensive Dachbegrünung mit 6cm hohen Retentionsabstandshalter (TUD 2025 nach ZinCo b 2023: 7).

Tool A2: Retentionsgründach mit intensiver Dachbegrünung

> Wasserspeichervolumen 160 Liter/m², Aufbauhöhe insgesamt inkl. Spacer mind. 26 cm

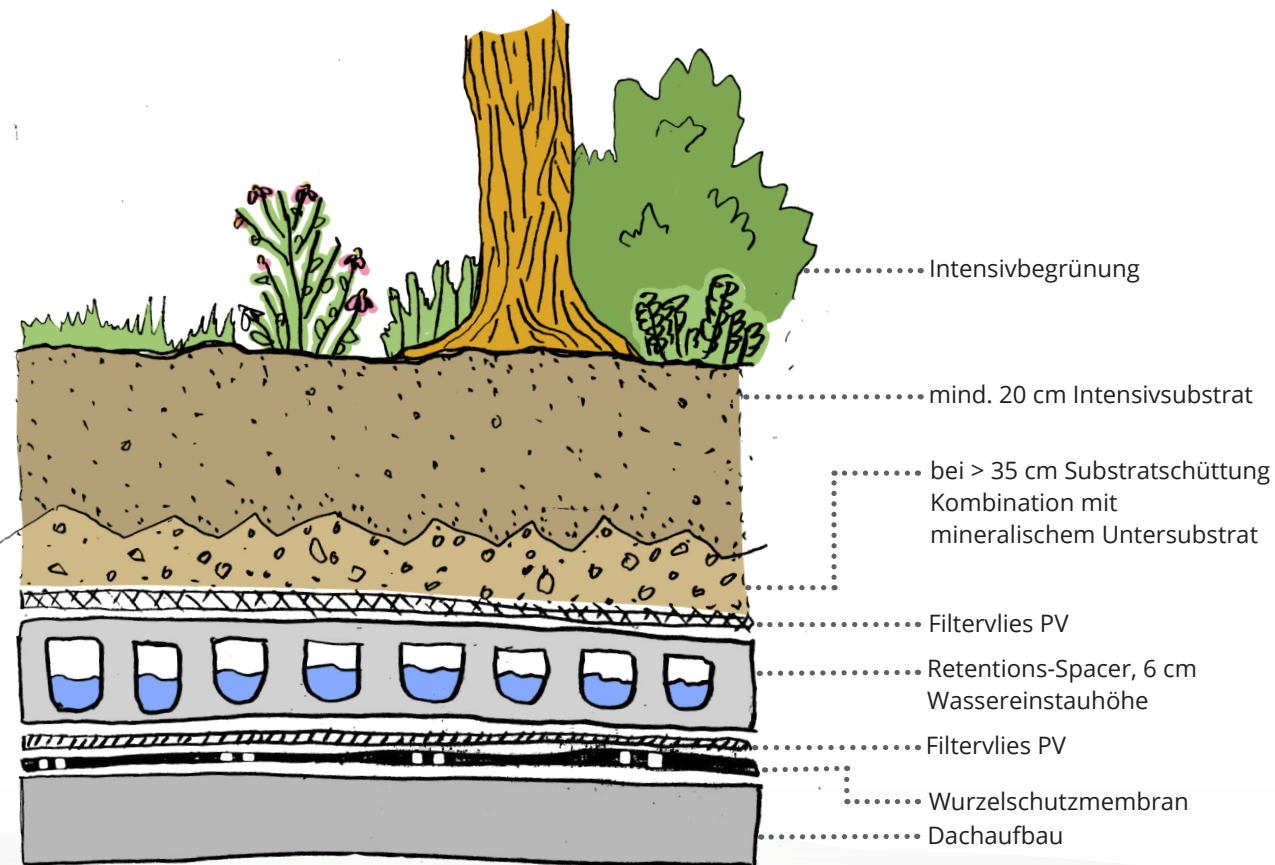


Abb. 2: Systemaufbau Retentionsgründach intensive Dachbegrünung mit 6cm hohen Retentionsabstandshalter (TUD 2025 nach ZinCo 2023 b: 9).

Tool A3: „Sponge-City-Roof“

- Das „Sponge-City-Roof“ ist ähnlich dem Retentionsdach mit Extensivbegrünung.
- Auf den Spacern wird ein Dochtvlies verlegt. Die Döchte ragen in das Wasserreservoir der Spacer hinein. So wird das Wasser kapillar zusätzlich in die Substratschicht transportiert.
- Anders als beim normalen Retentionsdach füllen sich beim Sponge-City-Roof im Starkregenfall also nicht nur die Spacer, sondern das Wasser staut sich auch in der Substratschicht an.
- Dieser Einstau ist nur kurzfristig und verträgt sich mit den gewählten Pflanzenarten. Das Wasser wird bei Sättigung der Substratschicht nach 24 bis 48 Stunden abgeleitet. Es entsteht keine Staunässe.
- Die Begrünungsform stellt einen besonders effektiven Hochwasserschutz dar.
- Im Winter sollten Anstauscheiben unter der Abfluss-Drossel entnommen werden, da sich sonst Eisschichten bilden können (Schenk o. J.: Mit grüner und blauer Infrastruktur).

> Wasserspeichervolumen 107 Liter/m², Aufbauhöhe insgesamt inkl. Spacer mind. 16 cm

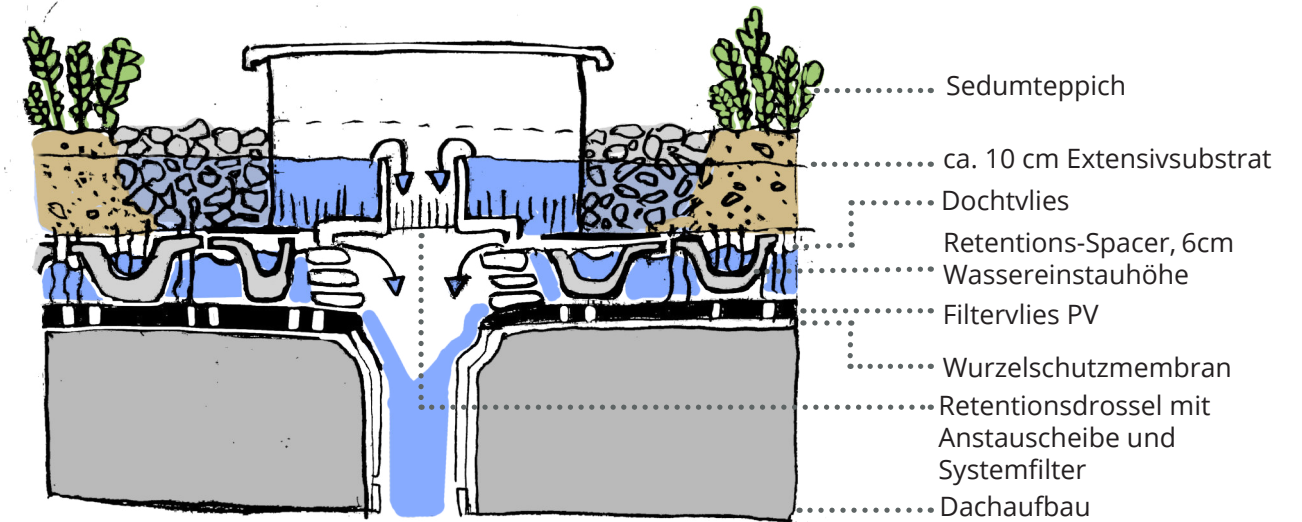
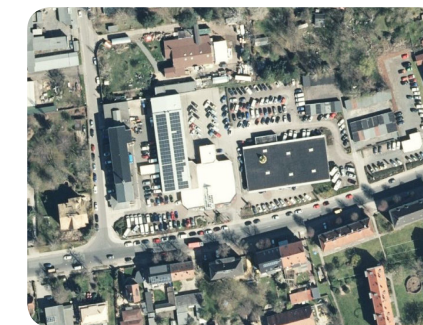


Abb. 3: Systemaufbau Retentionsgründach „Sponge-City-Roof“ mit 6 cm hohen Retentionsabstandshalter (TUD 2025 nach ZinCo 2023 b: 10).

mögliche Anwendungsorte nach Defiziten des Resilienzchecks in den Gemeinden:



Einkaufszentrum Pösnapark, Großpösna



Autopark Borsdorf, Borsdorf



Gewerbegebiet Gerichshain-West, Machern

- Neben großen Gewerbedächern etablieren Retentionsdächer auch schon auf kleinen Dachflächen, Carports, Garagen und besonders in Summe eine gute Rückhaltewirkung.

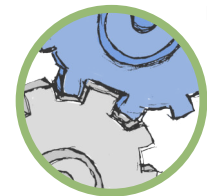
Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär gesteigert wird im Siedlungswassermanagement die Resilienz gegenüber Starkregenereignissen und Hochwasser. Im Einzelnen kann durch Dachbegrünung die Redundanz (modulare Rückhaltevolumen), die Vielfalt (Diversifizierung des Wasserrückhalts), die Elastizität (Stauvolumen bei Sponge-City-Dächern), die Robustheit (durch verteilte Bewirtschaftung des Niederschlags und Schonung der Siedlungsinfrastruktur) sowie die Dezentralität (Entlastung der Kanalisation, Regenüberläufe und Klärwerke) gestärkt werden. Das ermöglicht wiederum die Funktionalität von Mischsystemen (Prinzip Konzentration) dort, wo sie noch nötig ist.



Fassadenbegrünung

Anlage von Fassadenbegrünung an geeigneten Fassaden der Bestandsgebäude- und mauern sowie an Neubauten



Überblick Wirkungen der Fassadenbegrünung:

- Schaffung von Retentionsraum bei Starkregenereignissen: Der Rückhalt von Niederschlägen im Wurzelbereich bodengebundener Fassadenbegrünungen erhöht die landschaftliche Resilienz der Region.
- günstige Dämmeigenschaften für die Gebäudeaußenhaut: Energieeinsparung durch luftpolsterartige Dämmwirkung der Pflanzen. Von 100% ankommender Strahlung werden ca. 50% absorbiert, 30% reflektiert und nur etwa 20% erreichen die Fassade. Die Fassadentemperatur im Winter ist bei wandgebundener wintergrüner Begrünung daher bis zu 3°C höher. Das spart Heizkosten. Gleichzeitig kühlt dieser Effekt im Sommer die Gebäude.
- günstige Wirkung auf Bausubstanz: Die Fassade wird vor UV-Strahlung, Hagel, Starkregen und starken Temperaturschwankungen geschützt. Das schont auch die Bausubstanz.
- günstige Beeinflussung des Umgebungsklimas: Die Verdunstung der Laubblätter führt zur Luftbefeuchtung und Kühlung der Umgebungsluft um bis zu 0,8°C. CO²- und Feinstaub werden zusätzlich aus der Luft filtriert

(BuGG o. J.: Wirkungen, Vorteile - Fassadenbegrünung; Berliner Regenwasseraagentur o. J.: Fassadenbegrünung)

- Aufwertung des suburbanen und ländlichen Siedlungsbildes: Wiederherstellung von Fassadenbegrünungen als typische baukulturelle Elemente (Bayrische Verwaltung für Ländliche Entwicklung 2023: 9).



Fördermöglichkeiten:

- Die Förderung ist über verschiedene Landes- und Bundesförderprogramme möglich.

Bsp. Landesförderprogramm Sachsen:

- „Modernisierung von preisgünstigem Mietwohnraum“ (Zuschuss bis zu 35% bei max. 400€/m² – Darlehen bis zu 50% - max. 50.000€) (vgl. BMWK 2024: Förderprogramm Modernisierung von preisgünstigem Mietwohnraum)



rechtlicher Rahmen:

- Brandschutz: Ab einer Gebäudehöhe von 7m müssen alle Fassadenbauteile schwer entflammbar sein.

Bei Sonderbauten (z.B. Kitas) müssen Begrünungssysteme grundsätzlich aus nicht-brennbarem Material bestehen.

- Ob im Einzelfall eine baurechtliche Genehmigung einzuholen ist, entscheidet die Bauaufsicht des Bezirksamtes.
- Verkehrssicherheit: Bei Fassadenbegrünungen

an öffentlichen Gebäuden muss stets die Verkehrssicherheit gewährleistet sein (z.B. Prüfung auf morsche Pflanzenteile (Berliner Regenwasseraagentur o. J.: Fassadenbegrünung).

Richtlinien und Leitfäden:

- FLL-Fassadenbegrünungsrichtlinie
- DIN 1055-4:2005-03 zur Regelung der Windlasten (Berliner Regenwasseraagentur o. J.: Fassadenbegrünung)
- Leitfaden Fassadenbegrünung Stadt Wien (vgl. MA 22; ÖkoKaufWien 2029: 52f.)



Tool B1: bodengebundene Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe



Abb. 4: Varianten der Fassadenbegrünung (TUD 2025 nach Pfoser 2023: 70).



Abb. 5: mit Efeu begrünte Fassade eines alten Gebäudes. (Frank Vincentz, CC BY-SA 3.0)

- Begrünung der Fassade durch Selbstklimmer, die sich mit Kletterwurzeln oder Haftscheiben an der Wand halten
- Voraussetzung ist eine intakte Fassade
- Bsp. geeignete Pflanzen: Efeu, Wilder Wein

Tool B2: bodengebundene Fassadenbegrünung mit Kletterhilfe



Abb. 6: Varianten der Fassadenbegrünung (TUD 2025 nach Pfoser 2023: 70).

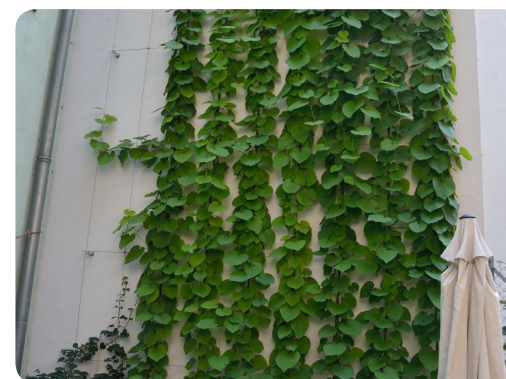


Abb. 7: Mauerfassadenbegrünung mit Seilsystem (Christian Philipp, CC BY-SA 4.0).



Abb. 8: Fassadenbegrünung mit Rankgitter (Ustill, CC BY-SA 2.0 DE).

- Begrünung der Fassade durch Gerüstklammer, die an Rankgittern oder Seilsystemen empor wachsen
- keine Schäden an der Fassade zu befürchten
- Bsp. geeignete Pflanzen: Kletterhortensien, Blauregen

indirekte Fassadenbegrünungen:

- geeignete Obstsorten werden als Spalierobst möglichst nah an die Fassade gepflanzt und durch Erziehungschnitte in Form gezogen
- zweidimensionaler Wuchs braucht weniger Platz als Obstbäume
- Befruchtungserfolg an sonnigen Südseiten besonders hoch (LWG 2023: 19)



Beispiele geeigneter Pflanzen für bodengebundene Fassadenbegrünung

Pflanzenname	Mit Kletter- oder Rankhilfe	Insektenweide (IW), Raupenfutterpflanze (RFP)	Wert für Vögel: Nistmaterial (NM), Nistort (NO), Nahrung (N)	Heimisch	Blüten	Erscheinungsbild Winter	Hinweise
Waldrebe (<i>Clematis vitalba</i> , <i>Clematis akebioides</i> und andere Wildformen und Sorten)	Ja	IW, RFP (!)	NM, NO, N	Ja (nur <i>Clematis vitalba</i>)	Sortenabhängig, auf ungefüllte Blüten achten	Schöne Samenstände, keine Blätter	Starkwüchsig
Efeu (<i>Hedera helix</i>)	Nein	IW, RFP	NO, N	Ja	Ja, im Herbst	Immergrün	Lichtfliehend, kann Bauschäden verursachen, auf intakte Fassade achten
Kletterrosen, Ramblerrosen (<i>Rosa spec.</i>)	Ja	IW	NM, NO, N	Sortenabhängig	Rambler einmalig im Juni, Kletterrosen öfter im Jahr	Keine Blätter	Auf möglichst ungefüllte Blüten achten
Geißblatt (<i>Lonicera periclymenum</i>)	Ja	IW	NO, N	Ja	Juni bis September; stark duftend am Abend	Keine Blätter	Halbschatten, keine Sonne
Blauregen (<i>Wisteria sinensis</i> , <i>W. frutescens</i>)	Ja	IW	NO, N (Insekten, Spinnen)	Nein	Blau, duftend, Frühjahr (Mai bis Juni)	Keine Blätter	Starkwüchsig, muss oft kontrolliert werden, nicht heimisch
Wilder Wein (<i>Parthenocissus tricuspidata</i>)	Nein	IW	NO, N	Nein	Unscheinbar	Keine Blätter	Kann Bauschäden verursachen (lichtfliehend), Hatfüße an Wand
Wildrebe (<i>Vitis vinifera</i> var. <i>sylvestris</i>)	Ja	IW, RFP	NM, NO, N	Ja	Unscheinbar	Herbstschmuck, dann blattlos	Rankpflanze, keine Haftscheiben, schattenverträglich
Kletterhortensie (<i>Hydrangea petiolaris</i>)	Ja	IW	NO	Nein	Weißer Randblüten, Juni bis Juli	Keine Blätter	Schattenverträglich, dient auch als Bodendecker

Abb. 9: Für bodengebundene Fassadenbegrünung geeignete Gerüst- und Selbstklimmer (NABU o. J.: Grüne Fassaden. Arten der Fassadenbegrünung und passende Pflanzen).

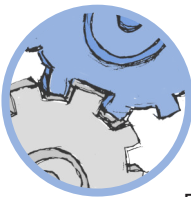


Abb. 10: Dörfliche Fassadenbegrünung (Wikimedia Commons, CC0 1.0).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär gesteigert wird im Siedlungswassermanagement die Resilienz gegenüber Starkregenereignissen und Hochwasser. Im Einzelnen kann durch Fassadenbegrünung die Redundanz (modulare Rückhaltevolumen), die Vielfalt (Diversifizierung des Wasserrückhalts), die Elastizität (Stauvolumen im Wurzelraum bodengebundener Fassadenbegrünungen), die Robustheit (durch verteilte Bewirtschaftung des Niederschlags und Schonung der Siedlungsinfrastruktur) sowie die Dezentralität (Entlastung der Kanalisation, Regenüberläufe und Klärwerke) gestärkt werden. Das ermöglicht wiederum die Funktionalität von Mischsystemen (Prinzip Konzentration) dort, wo sie noch nötig ist.

Versickerungsteiche (regenwassergespeist) Anlage dachwassergespeister Verdunstungs- bzw. Versickerungsteiche für einen flächigen Niederschlagsrückhalt auf Grundstücken



Überblick Wirkungen der Verdunstungs-/ Versickerungsteiche

- Stärkung der lokalen Extremwetter-Vorsorge: Ein Retentionsteich kann Spitzenabflüssen bei Starkregenereignissen zurückhalten und kontinuierlich in den Untergrund versickern.
- günstige Auswirkungen auf den lokalen Wasserkreislauf: Bei versickerungsfähigem Untergrund leisten Teiche und Retentionsbecken vor allem in Summe einen Beitrag zur lokalen Grundwasserneubildung und tragen zu einem natürlichen Wasserkreislauf bei. Dabei wird das Wasser

durch Absetzen und pflanzliche Filtrierung natürlich gereinigt.

- Verbesserung der Aufenthaltsqualität: Durch Luftbefeuchtung und Verdunstung wird das Kleinklima (vor allem sommerlich) verbessert. Zudem kann ein Feuchtbioptop eine ästhetische Aufwertung sein.
- günstige Auswirkung auf grundwasserabhängige Biotope: Ein Retentionsteich schafft Lebensraum für auf (wechsel-)feuchte Bedingungen angewiesene Flora und Fauna. So können Trittsteine zur Biotopvernetzung und als Ersatz/Ausgleich für beeinträchtigte grundwasserabhängige Biotope und zeitweise trockenfallende Standgewässer entstehen.



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- Landesförderprogramm Sachsen:
 - Förderrichtlinie „Energie und Klima FRL EuK/2023“ (Fördersatz zwischen 75 und 80%) (vgl. REVOSax

2023: Förderrichtlinie Energie und Klima 2023)

Bundesförderprogramm:

- „KfW Umweltprogramm (dezentrales Niederschlagsmanagement)“ (Darlehen bis zu 100% bei max. 25 Mio. € (vgl. BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; Vgl. KfW 2023: 4)



rechtlicher Rahmen Verdunstungs-/ Versickerungsteiche:

- Laut Erlaubnisfreiheits-Verordnung (ErlFreihVO) ist keine Versickerung in Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten Zone I oder Altlastenböden, in TW-Schutzzone II nur von unschädlich verunreinigtem Dachwasser, in TW-Schutzzone III von nicht schädlich verunreinigtem Wasser nach Einzelfallprüfung gestattet (ErlFreihVO 2013, Paragraph 5, Abs. 2; Landeshauptstadt Dresden 2016: Mit

Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen)

- Eine wasserrechtliche Erlaubnis zur Einleitung von Niederschlagswasser in ein Gewässer ist notwendig (Landratsamt Landkreis Mittelsachsen 2024: 1).

Richtlinien und Leitfäden:

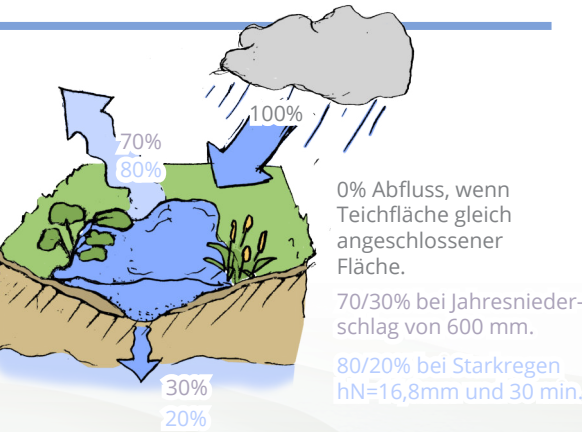
- DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“
- DWA-A 117 „Bemessung von Regenrückhalteräumen“
- FLL-Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung

Überblick Funktionsweise Verdunstungs-/ Versickerungsteiche (Tools C1 & C2):

Vorraussetzungen:

- Der Grundwasserflurabstand zwischen Teichsohle und dem mittleren jährlichen höchsten Grundwasserstand (MHGW) muss >1m betragen (Stadt Leipzig et al. 2022: 35).
- Belastung des Niederschlagswassers: Nur

Abb. 11: Rechts – schematische Darstellung der jährlichen Wasserbilanz eines Teiches und der Bilanz während Starkregen. Der Teich hat dabei die gleiche Größe wie die angeschlossene Fläche (TUD 2025 nach Sieker o. J.: Teich).



Niederschlagswasser von gering belasteten Flächen darf eingeleitet werden. Daher sollte kein Wasser von Dächern aus Kupfer, Zink oder Teerpappe mit Bitumenbahnen verwendet werden. Dabei können lösliche und unlösliche Metallverbindungen freigesetzt werden und der Umwelt schaden (UBA 2023: Tipps für eine nachhaltige Regenwassernutzung).

- **Variierende Verdunstungsgraten:** Die Verdunstung einer Wasserfläche hängt von Wind, Sonnenexposition und Bepflanzung ab. Mit Schilf- und Sumpfpflanzen bewachsene Uferzonen erhöhen die Verdunstung deutlich.
- **Wasserhaushalt:** Auch das Verhältnis zwischen Wasseroberfläche und Anschlussfläche ist maßgebend für die Wasserbilanz des Teiches (Siecker o. J.: Teiche).



Tool C1: naturnaher Regenwasserteich mit Versickerungsbereich

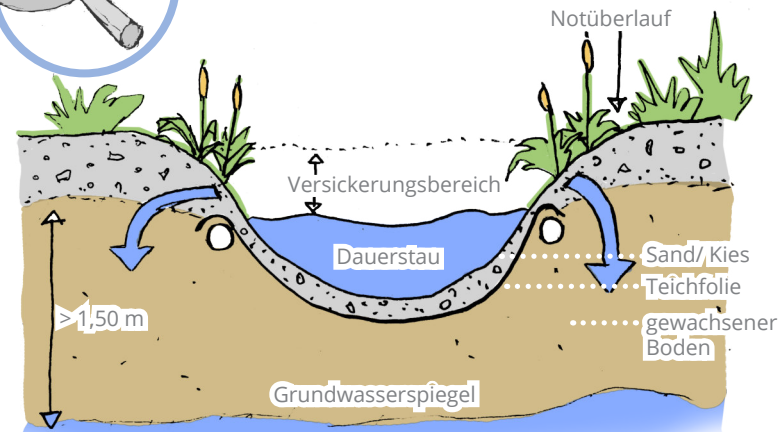


Abb. 12: schematischer Schnitt durch einen Regenwasserteich mit Versickerungsbereich (TUD 2025 nach MLUK 2020: 18).

- Teichfläche mind. 20 m²
- Pflegeleichte Bewirtschaftung: Für Teiche zwischen 20 und 30 m² sind keine Filter oder Pumpen nötig. (Nabu o. J.: Wasserparadiese im Garten)
- Die Wassertiefe sollte mind. 80 cm betragen, wobei die Verkehrssicherungspflicht durch Einfriedung oder Abpflanzung auf öffentlichen und frei zugänglichen Grundstücken zu gewährleisten ist!
- Das Speichervolumen für den Dauerstaubereich sollte 100 Liter/m² angeschlossener Fläche betragen und im Falle eines Überlaufens sollte eine Vorflut vorhanden sein (MLUK 2020: 17).
- Der Regenwasserzulauf zum Teich sollte vorzugsweise über oberirdische Rinnen (befestigt oder unbefestigt) organisiert werden, wobei zur Vorreinigung dem Teicheinlauf ein horizontal durchströmter und beispielsweise mit Röhricht oder Schilf bewachsener Bodenkörper vorgeschaltet sein sollte (MLUK 2020: 17).
- Abgedichtet werden sollte die Teichsohle mit EPDM-Folie, aber nicht bis zur Dammkrone, denn dort findet die Versickerung seitlich über Uferandbereiche statt. Der Abstand von Dauerstaubereich und Dammkrone sollte zwischen 20 und 30 cm betragen (MLUK 2020: 17).

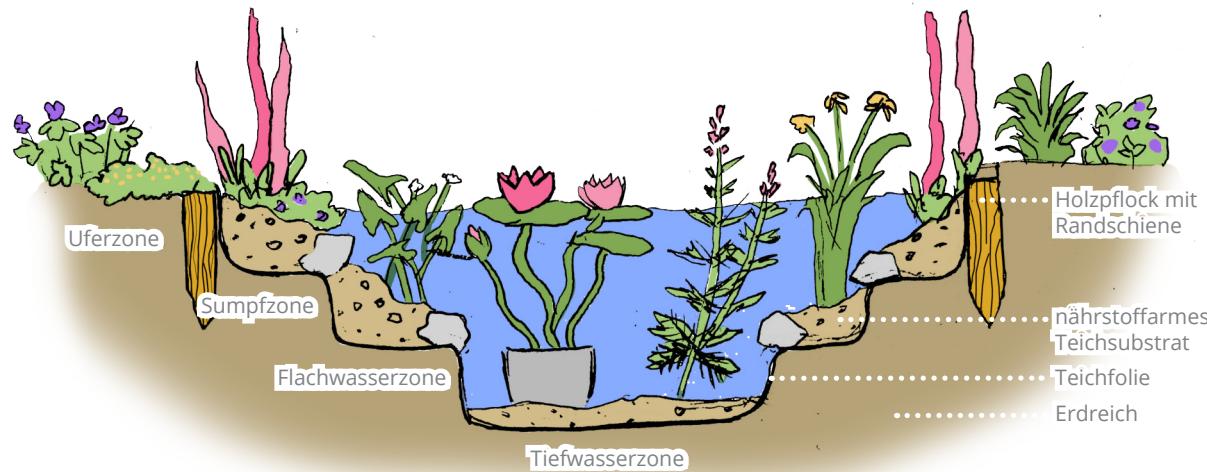


Abb. 13: schematische Darstellung der abgestuften Uferzonen (TUD 2025 nach NABU o.J. – b / Anne Quadflieg).

- Uferausbildung: Die Uferböschung sollte maximal im Verhältnis 1:2 (MLUK 2020: 17) angelegt werden, wobei besser eine gestufte Böschung angelegt wird, bestehend aus:
- Sumpfwasserzone: Tiefe: 20cm, Breite: 50cm, Bepflanzung z. B.: Sumpfdotterblume, Wasser-Minze
- Flachwasserzone: Tiefe 50cm, Bepflanzung z. B.: Tannenwedel, Pfeilkraut
- Tiefenzone: Tiefe 80-100cm, Bepflanzung z. B.: Froschbiss, Quirliges Tausendblatt (Nabu o. J.: Wasserparadiese im Garten)

Tool C2: naturnaher Regenwasserteich mit Überlauf in Sickermulde

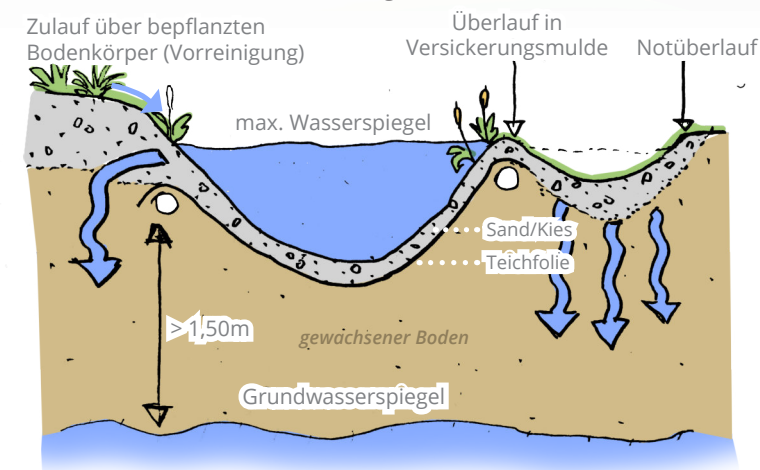


Abb. 14: schematischer Schnitt durch einen Regenwasserteich mit Überlaufmulde (TUD 2025 nach MLUK 2020: 18).

Pflege beider Teichvarianten:

- Rückschnitt von Schilf und Röhricht bei zu starkem Wuchs im Frühjahr
- Laub und abgestorbene Pflanzenteile regelmäßig entfernen
- regelmäßige Kontrolle der Zu- und Abläufe, vor allem nach Lang- und Starkregenereignissen (MLUK 2020: 18)

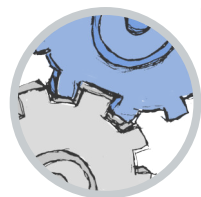


Abb. 15: naturnaher Teich in einem Privatgarten. (Wikimedia Commons, CC0 1.0)

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär gesteigert wird die redundante Vielfalt und die Elastizität des Siedlungswassermanagements, da die Teiche modulare, größere Rückhalteräume (Redundanz) darstellen und eine Diversifizierung in der Regenwasserbewirtschaftung entsteht (Vielfalt). Durch die Abkopplung des Niederschlags von der Kanalisation werden Robustheit und Dezentralität gestärkt – Kanalisation, Regenüberläufe, Klärwerke und die Siedlungsinfrastruktur geschont. Je nach lokalen Gegebenheiten und Stärke des Starkregen- oder Hochwasserereignisses kann eine Teil des Wassers mittels der Überläufe versickert werden (Elastizität). Sekundär im kleinen Maße kann durch die Versickerungsleistung ein Beitrag zur lokalen Grundwasserneubildung geleistet werden, sodass die Robustheit der Trinkwasserressource gestärkt wird. Mikroklimatisch verringert sich die Sensitivität gegenüber Trockenheit im Siedlungsbereich.

Niederschlagswassernutzungsanlagen



Überblick Wirkungen von Niederschlagswassernutzungsanlagen:

- **Entlastung der Kanalisation:** Durch den Rückhalt des Dachniederschlagswassers wird die Kanalisation besonders bei Starkregen entlastet – nicht umsonst gilt im Leipziger Raum das Motto: „dezentral vor Kanal“. Zudem verringert sich für Eigentümer so die Niederschlagswassergebühr (vgl. Regenwasseragentur Berlin o. J.: Regenwassernutzung).
- **Sparsamer Umgang mit Ressource und Lebensmittel Trinkwasser:** Aufgefangenes Regenwasser kann zur Bewässerung oder als Brauchwasser in WC-Spülung oder Waschmaschine genutzt werden. So lassen sich in einem 4- bis 5-Personenhaushalt jährlich bis zu 90.000 Liter Grauwasser einsparen, was einer beträchtlichen Betriebskostenreduzierung entspricht. Durch entsprechend eingebaute Filter kann das



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „Förderrichtlinie Energie und Klima FRL EuK/2023“ (Fördersatz zwischen 75 und 80%) (vgl. REVOSax 2023; Förderrichtlinie Energie und Klima 2023)



rechtlicher Rahmen Niederschlagswassernutzungsanlagen:

- Laut Erlaubnisfreiheits-Verordnung (ErlFreihVO) ist keine Versickerung in Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten Zone I oder Altlastenböden, in TW-Schutzzone II nur von unschädlich verunreinigtem Dachwasser, in TW-Schutzzone III von unschädlich verunreinigtem Wasser nach Einzelfallprüfung gestattet (ErlFreihVO 2013, Paragraph 5, Abs. 2; Landeshauptstadt Dresden 2016: Mit Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen).
- Der Einbau solcher Anlagen darf nach §12 Abs. 2 der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV) nur durch Vertragsinstallateure der Wasserversorgungsunternehmen durchgeführt werden.
- Niederschlagswassernutzungsanlagen gelten nach §7 der Wasserversorgungssatzung (WVS)

Wasser sehr gut mechanisch, biologisch oder physikalisch vorgefiltert werden, auch ohne Chemikalieneinsatz (Baunetz Wissen o. J.: Entwässerung Grauwassernutzungsanlagen).

- **Schonung technischer Anlagen:** Der geringe Kalkanteil von Regenwasser wirkt sich günstig auf die Wirksamkeit von Waschmittel aus. So sind bis zu 60% weniger Waschmittel und keine Wasserenthärter notwendig. Maschine und Leitungen weisen außerdem eine längere Lebenszeit auf (Regenwasseragentur Berlin o. J.: Regenwassernutzung).
- **Beitrag zur Grundwasserneubildung:** Durch die Versickerung nicht nutzbarer, überschüssiger Wassermengen kann wieder ein Teilbeitrag zur Grundwasserneubildung geleistet werden.
- **Regenwasser in Wärmepumpen:** In Einzelfällen kann Niederschlag durch seine günstigen Temperaturen auch zur Wärmerückgewinnung in Wärmepumpen genutzt werden und damit einen Teil zur Raumheizung beitragen (Baunetz Wissen o. J.: Entwässerung Grauwassernutzungsanlagen).

Bundesförderprogramm:

- „KfW Umweltprogramm (dezentrales Niederschlagsmanagement)“ (Darlehen bis zu 100% bei max. 25 Mio. €) (vgl. BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; vgl. KfW 2023: 11–12).

als Eigengewinnungsanlage.

- Zum Betrieb ist eine Teilbefreiung vom Benutzungszwang der öffentlichen Wasserversorgung beim zuständigen Aufgabenträger Wasserversorgung zu beantragen.
- Bau und Betrieb ist nach §13, Abs. 4 der TrinkwV dem zuständigen Gesundheitsamt schriftlich zu melden.
- Regenwasser von Dächern aus Kupfer, Zink und Blei oder Teerpappedächern mit Bitumenbanen sollte aufgrund löslicher und unlöslicher Metallverbindungen nur mit entsprechendem Filter verwendet werden (UBA 2023: Tipps für eine nachhaltige Regenwassernutzung).
- Auf strikte Trennung der Grauwasserleitungen von der Trinkwasserinstallation nach DIN-1988 „Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen“ und §17 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ist zu achten. Die jeweiligen Leitungen und Entnahmestellen sind eindeutig zu kennzeichnen (siehe folgende Abb.).

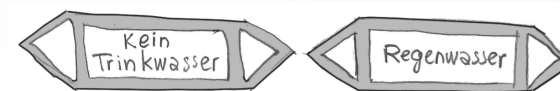


Abb. 16: Markierungen für die zwei unterschiedlichen Wasserleitungen (Stadt Leipzig et. al. 2022: 46, Abb. 52).

Richtlinien und Leitfäden:

- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Benutzungen des Grundwassers (Erlaubnisfreiheits-Verordnung – ErlFreihVO)
- Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV)

Überblick technische Funktionsweise Niederschlagswassernutzungsanlagen (Tools D1 bis D3):

Vorraussetzungen:

- Notwendig ist ausreichende Platzverfügbarkeit in den Kellerräumen des Gebäudes oder im Untergrund des Grundstückes.
- Ein Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens (kf-Wert [m/s]) zwischen 10^{-3} und 10^{-6} ist zweite Voraussetzung (Stadt Leipzig et. al. 2022: 50).

Elemente:

- Elemente sind selbstreinigende Filter zwischen Fallrohr und Zisterne, ein Hauswasserwerk (Pumpe mit nachgeschaltetem Filter) und ein separates Leitungsnetz zu Verbrauchsstellen im Haus mit Privatwasserzähler.

Funktionsweise:

- Während grobe Partikel vom Filter zurückgehalten werden, setzen sich Feinpartikel am Zisternenboden ab. Diese sind Lebensraum für wertvolle Keime abbauende



Abb. 18: Betonzisterne während des Einbaus mit sichtbaren Einläufen (Stefan-Xp, CC BY-SA 3.0).

- **Ausführung:** Zisternen aus Beton sind stabiler, allerdings ist für den Einbau ein Kran notwendig. Außerdem sind sie überfahrbar (Berliner Regenwasseragentur o. J.: Regenwassernutzung).

- Für Gewerbe und Industrie gibt es größere Ausführungen aus Stahl oder Edelstahl.

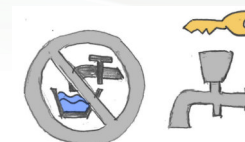


Abb. 17: Markierungen der Wasserentnahmestellen (Stadt Leipzig et. al. 2022: 46, Abb. 53).

- Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser (AVBWasserV)
- DIN EN 16941-1: Teil 1 – Normen für die Verwendung von Regenwasser
- DIN EN 1989-100: Normen für Regenwassernutzungsanlagen
- Hinweisblatt H 101 des Bundesverbands Betriebs- und Regenwassernutzung (fbr): Kombination der Regenwasserversickerung mit Regenwassernutzung

Mikroorganismen. Diese Sedimentschicht sollte daher erst mittels Schmutzwasserpumpe beseitigt werden, wenn sie ca. fünf Zentimeter dick ist, was nach fünf bis zehn Jahren der Fall ist.

- Außerdem sollte die Zisterne nie komplett gereinigt werden, da sich an der Innenwand ein wichtiger Biofilm bildet, der wiederum die Selbstreinigung aufrecht erhält.
- Zudem sollte ein langsamer/stiller Regenwasserzulauf am Zisternenboden zur Vermeidung von Aufwirbelungen genutzt werden.
- Zu- und Ablaufleitungen müssen frostsicher verlegt werden (mindestens 80cm unter Geländeoberkante – GOK).
- Vorgefertigte Zisternengrößen schwanken zwischen 3 und 12 m³ Fassungsvermögen (MLUK 2020: 24), es können aber auch mehrere Zisternen in Reihe geschaltet werden (Berliner Regenwasseragentur o. J.: Regenwassernutzung).



Abb. 19: Kunststoffzisternen vor dem Einbau (4028mdk09, CC BY-SA 3.0).

- Speicher aus Kunststoff sind leichter, aber in der Regel nicht ohne weitere Ausführungen überfahrbar (Berliner Regenwasseragentur o. J.: Regenwassernutzung).

Tool D1: Einbau einer Zisterne mit Überlauf in eine Mulde

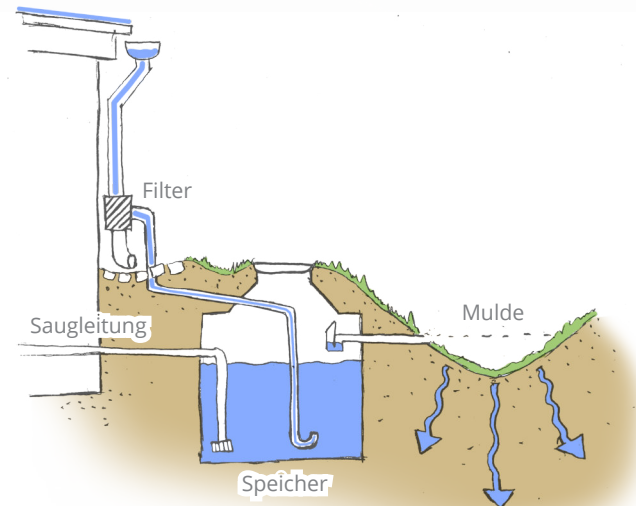


Abb. 20: Dachwassergespeiste Zisterne mit Überlauf in eine Mulde (TUD 2025 nach MULK 2020: 25).

- Bei dieser Variante befindet sich ein eingebauter Filter im Fallrohr der Dachentwässerung.
- Der Überlauf führt in eine Mulde und sorgt im Extremfall für notwendige Wasserstandssenkung in der Zisterne (MLUK 2020: 25).

Tool D2: Einbau einer Zisterne mit Porenbetonring

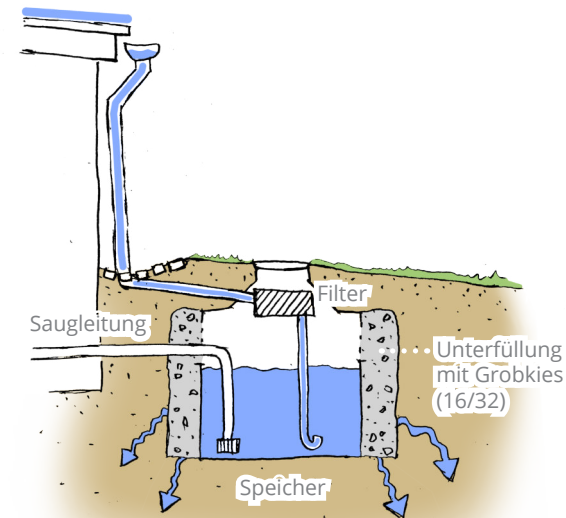


Abb. 21: Dachwassergespeiste Zisterne mit Überlauf in Grobkiesunterfüllung (TUD 2025 nach MULK 2020: 25).

- Bei dieser Variante findet sich ein eingebauter Filter innerhalb der Zisterne.
- Zudem befindet sich ein Porenbetonring über dem eigentlichen Speicherraum, welcher bei kritisch hoher Befüllung Wasser in eine Grobkieshinterfüllung versickern lässt, die um die Zisterne aufgebaut wurde, um von dort in die umgebenden Bodenschichten zu gelangen (MLUK 2020: 26).

Tool D3: Einbau einer Zisterne mit Überlauf in eine Rigole

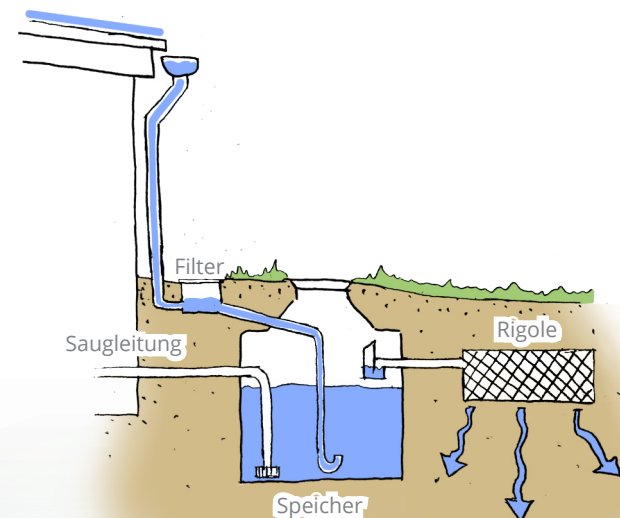


Abb. 22: Dachwassergespeiste Zisterne mit Überlauf in eine Rigole (TUD 2025 nach MULK 2020: 26).

- Bei dieser Ausführung befindet sich ein eingebauter Filter zwischen Fallrohr und Zisterne.
- Der Überlauf führt in eine Rigole und sorgt im Extremfall für notwendige Wasserstandssenkung in der Zisterne (MLUK 2020: 26).



- Bei **Niedrigwasserstand** in der Zisterne (Speicher) kann eine Trinkwassernachspeisung erfolgen. Da allerdings Niederschlagswassernutzungsanlagen nicht mit dem Trinkwassersystem verbunden sein dürfen, muss eine Nachspeisungsanlage nach §17 Abs. 6 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) über Sicherungseinrichtungen gemäß DIN EN 1717 und DIN 1988-100 verfügen (Stadt Leipzig et al. 2022: 45-46).

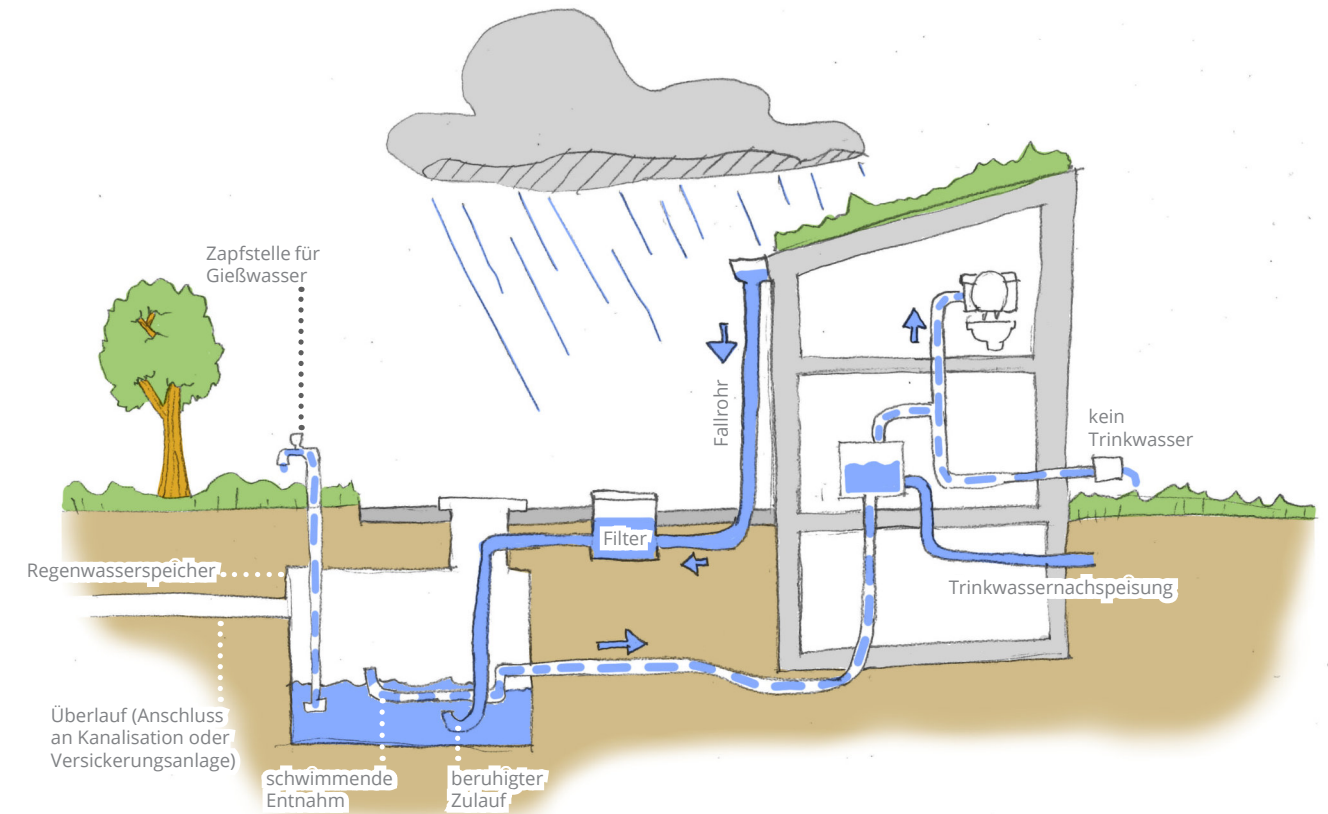


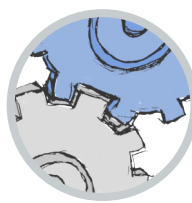
Abb. 23: schematische Darstellung der Brauchwassernutzung durch Dachwasserspeicherung in einer Zisterne mit kombiniertem System zur Trinkwassernachspeisung (Stadt Leipzig et al. 2022: 46, Abb. 51).

- Notwendig ist eine halbjährliche Inspektion und Wartung von Sicherungseinrichtungen wie dem freien Auslauf der Trinkwassernachspeisungsanlage nach DIN EN 806-6.
- Leitungen, die schon einmal Nichttrinkwasser geführt haben, dürfen nicht mehr für die Verteilung von Trinkwasser genutzt werden.
- Zudem bedarf es der Installation eines Wasserzählers in Leitungen der Trinkwassernachspeisung zur Abrechnung und Meldung beim zuständigen Ver- und Entsorgungsunternehmen (Stadt Leipzig et al. 2022: 47).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär gesteigert wird die redundante Vielfalt und die robuste Elastizität des **Siedlungswasserhaushalts**, da die Zisternen einen zusätzlichen großvolumigen Rückhalteraum darstellen (redundante Vielfalt), sich das Abwassersystem somit ‚dehnen‘ kann (Elastizität) und die dezentrale Ableitung des Niederschlages im Sinne des Trenn- oder modifizierten Mischsystems zur Steigerung der Robustheit des Systems beiträgt. Weiterhin primär gestärkt wird die Vielfalt und Robustheit der **Trinkwasserversorgung**, da durch die Nutzung als Brauchwasser der Niederschlag als direkte zusätzliche Wasserquelle erschlossen wird (Vielfalt), während gleichzeitig Trinkwasser gespart wird und damit die Grundwasser- und Uferfiltratressourcen geschont werden, was zur Robustheit der Trinkwassergewinnungsgebiete beiträgt und damit auch die Autarkie (Dezentralität) innerhalb der Kommune steigern kann. Da das Regenwasser nicht direkt in die Kanalisation bzw. in die Gewässer geleitet wird, werden ebenso die negativen Auswirkungen von Starkregen gemindert und die Hochwassergefahr vor allem in der Entstehungsphase entschärft. Was sekundär zum Tragen kommt ist die Versickerungsleistung im Falle des Überlaufs, wobei lokal zumindest geringfügig die **Sensitivität gegenüber Trockenheit** sinkt.

Grauwasserrecycling



Wirkungen von Grauwasserrecyclinganlagen:

- **Grundsätzlich:** Besonders sinnvoll ist eine solche Anlage bei Neubau und Kernsanierung zur Nutzung des aufbereiteten Wassers für z.B. Toilettenspülung, Waschmaschine und Putzwasser.
- **Einsparungen beim Wassergebrauch:** Bis zu 50% des Brauchwasserbedarfs (*Berliner Regenwasseragentur o. J.: Betriebswasser aus Grauwasser*) bzw. etwa 90.000 Liter pro Jahr in einem 4- bis 5-Personenhaushalt können so gedeckt werden (*Baunetz Wissen o. J.: Entwässerung. Grauwassernutzungsanlagen*). Das schont zum einen Trinkwasserressourcen und spart zum anderen Kosten. Auch die Abwassermenge sinkt bis zu 50%.
- **Energieeinsparungen:** Schon im öffentlichen Bereich verbrauchen z.B. allein die Berliner Wasserwerke für die Abwasserbehandlung



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- > **Bundesförderprogramm:**
- „KfW Umweltprogramm („Circular Economy)“ (Darlehen



rechtlicher Rahmen Grauwasserrecyclinganlagen:

- Die Inbetriebnahme muss vier Wochen vorher dem örtlichen Gesundheitsamt gemeldet werden und eine Stilllegung spätestens drei Tage danach (TrinkwV 2023: Paragraph 12).
- Die Informationspflicht gilt gegenüber der Wasserschutzbehörde, wenn ein Überlauf mit Versickerung kombiniert wird sowie gilt die eindeutige Kennzeichnung der Grauwasserleitungen und Zapfstellen.

Überblick über technische Funktionsweise von Grauwasserrecyclinganlagen (Tool D4):

Vorraussetzungen:

- Zunächst muss die Ermittlung der Wasserbilanz des Hauses durch einen Fachplaner erfolgen: Pro Person sollten ca. 50 Liter Grauwasser pro Tag aufbereitet werden.
- Gesichert sein muss das Vorhandensein des benötigten Raumes, denn der Einbau der Aufbereitungsanlage erfolgt im Keller oder Erdreich. Sie muss grundsätzlich frostfrei und so nah wie möglich an den Verbrauchsstellen stehen, um das Leitungsnetz so kurz wie möglich zu halten. Das dient der Wirtschaftlichkeit.

und Trinkwasserversorgung die Energiemenge einer Stadt mit 300.000 Einwohnern. Neben solchen Einsparpotentialen stehen auch private Potentiale. Wenn zum Grauwasserrecycling zusätzlich noch Abwasserwärme zur Wärmerückgewinnung genutzt wird, können je nach System 30 bis 60% der Warmwasserbereitungsenergie eingespart werden. Zum Vergleich: über ein Abwasserrohr mit 15-20cm Durchmesser „[...] geht mehr Wärme verloren, als über die Außenhülle eines modernen Wohngebäudes mit gutem Energiestandard“ (*Berliner Regenwasseragentur o. J.: Betriebswasser aus Grauwasser*). Zur Zisternenanlage ist das Grauwasserrecycling eine gute Ergänzung, da Abwasser gleichmäßig anfällt und in Trockenzeiten mit niedrigem Wasserstand in der Zisterne das Nachspeisungssystem unterstützt. Betriebsspeicher und Druckpumpe der Zisternenanlage können auch hier verwendet werden.

bis zu 100% bei max. 25. Mio. €) (vgl. *BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; vgl. KfW 2023: 11-12*)

- Eine solche Anlage kann als Nachhaltigkeitskriterium im Rahmen des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) des Bundesministeriums angerechnet werden (*Berliner Regenwasseragentur o. J.: Betriebswasser aus Grauwasser*).

Richtlinien und Regelwerke:

- ErlFreihVO // TrinkwV // DIN EN 16941-2:2021 „Vor-Ort-Anlagen von Nicht-Trinkwasser, Teil 2: Anlagen für die Verwendung von behandeltem Grauwasser“ // > fbr Hinweisblatt H 202.

- Beispiel: Eine Anlage mit 5.400 Litern Aufbereitungsvolumen braucht etwa eine Fläche von 5x2m. Eine Anlage mit 300 Litern benötigt etwa eine Fläche von 1,5m².
- Unterschieden werden muss zwischen zwei Arten von Grauwasser: Typ A, also dem schwach belasteten Grauwasser aus Dusche, Badewanne, Handwaschbecken und Typ B, also stärker belastetem Grauwasser aus Spülbecken, Waschmaschine.
- Die Anlagen benötigen einen ausreichend dimensionierten Überlauf, um Überflutungen zu vermeiden und bei Anschluss an die Kanalisation einen Rückstauverschluss an der Überlaufleitung. Ein Überlauf mit Versickerung des behandelten Grauwassers muss mit der Wasserbehörde abgestimmt werden.

Tool D4: Einbau einer Grauwasserrecyclinganlage

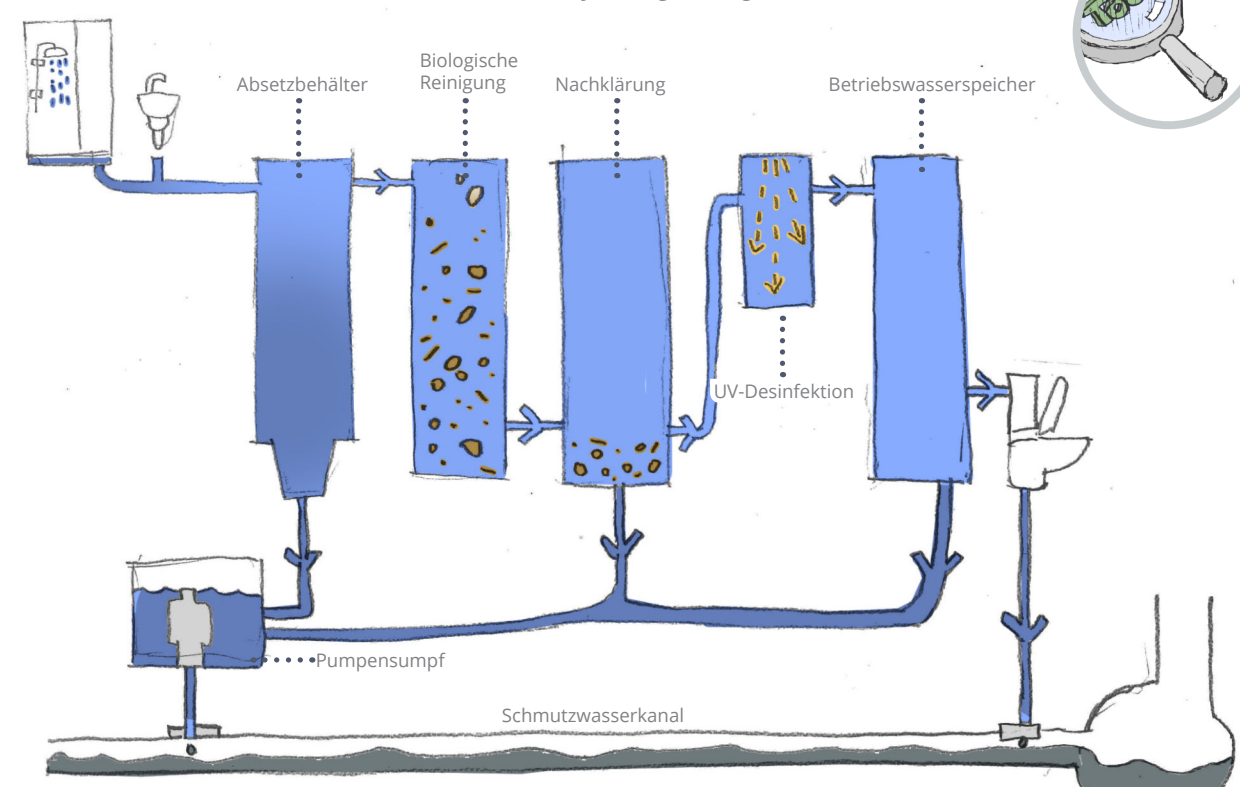


Abb. 24: schematische Darstellung der Funktionsweise einer biologischen Grauwasserrecyclinganlage (TUD 2025 nach Berliner Regenwasseragentur).



Abb. 25: Grauwassernutzungsanlage in einem Berliner Wohnkomplex (Sustainable Sanitation Alliance, CC BY-SA 2.0).

biologisch-mechanisches Verfahren:

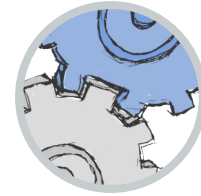
- Im Absetzbehälter findet eine erste Vorreinigung durch Absetzung statt. Nach drei Stunden wird das Wasser schließlich in den zweiten Behälter gepumpt.
- Die Reinigung findet biologisch anaerob durch Mikroorganismen statt, die sich auf freischwimmenden Schaumstoffkörpern ansiedeln. Ein Nebenprodukt sind herabsinkende Sedimente.
- Diese Sedimente aus Absetzbehälter und zweitem Behälter werden regelmäßig automatisch abgesaugt und in die Kanalisation gepumpt.
- Eine UV-Licht-Desinfektion findet vor dem Überleiten in Behälter drei (Betriebswasserspeicher) statt. Das Wasser ist dann geruchsfrei und hygienisch unbedenklich.
- Eine Druckpumpe erzeugt Druck von 4,6 bar wenn ein Druckschalter (z.B. Toilettenspülung) ausgelöst wird und über Füllstandsregelung wird automatisch Trinkwasser nachgespeist, wenn zu wenig Brauchwasser im Betriebswasserspeicher vorhanden ist (*Baunetz Wissen o. J.: Entwässerung. Grauwassernutzungsanlagen*).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Auch wenn durch das Grauwasserrecycling kein Trinkwasser erzeugt wird, ersetzen es die Anlagen in den beschriebenen Einsatzbereichen. Sie haben damit indirekt Einfluss auf den Trinkwasserhaushalt. Primär wird so die redundante Vielfalt und Robustheit des Trinkwasserhaushaltes gesteigert, da die Grauwasserrecyclinganlagen eine Wasserressource an sich darstellen (Vielfalt) und damit in gewisser Weise auch die Anzahl der Wassergewinnungsgebiete erhöhen (Redundanz), während gleichzeitig die eigentlichen Trinkwasserressourcen (Grundwasser, Uferfiltrat) geschont werden (Robustheit) und durch die örtliche Bezogenheit auch die Dezentralität gesteigert wird.



Anpassung von Gebäuden an den Wiederanstieg des Grundwassers



Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen an den Wiederanstieg des Grundwassers:

- Absicherung von erdberührten Bauteilen

gegenüber Feuchteschäden: Siedlungsteile und vor allem erdberührte Kellergeschosse, die im Bereich des Grundwasserabsenkungstrichters des Braunkohlenbergbaus liegen, werden vor Eindringen äußerlich drückenden Grundwassers geschützt, das je nach hydrogeologisch bedingter Wiederanstiegsrate und Niederschlagsverhältnissen bis in Oberflächennähe ansteigen könnte.

- nachhaltige Gewährleistung der Standsicherheit: Eine korrekte Auslegung der Abdichtung bei Neubauten oder nicht-abgedichteten Bestandsgebäuden im Wiederanstiegsbereich dient auch der frühzeitigen Vermeidung von Schäden an der Bausubstanz und damit der baustatischen Sicherung gegenüber dem hydrostatischen Druck der Wassersäule eines wiederhergestellten Grundwasserstandes.
- Verringerung von Folgekosten bei Berücksichtigung im Neubau: Eine Berücksichtigung der Abdichtung bei Neubau verursacht wesentlich geringere Kosten als eine nachträgliche Sicherung.

(vgl. SenMVKU 2020: 14-19)



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- Über genaue Modalitäten der Fördermöglichkeiten für vorsorgliche bauliche Maßnahmen im Gebäudebestand zur Gefahrenabwehr im Rahmen

des prognostizierten Korridors für den Grundwasserwiederanstieg bis 2100 ist derzeit nichts bekannt.

- Grundsätzlich wird durch §3 des jeweils aktuellen „Verwaltungsabkommens (VA) Braunkohlensanierung“ – derzeit VA VII – geregelt, dass Abwehrmaßnahmen gegen die Folgen des Grundwasserwiederanstiegs im Verhältnis 50:50 von Bund und Ländern finanzierbar sind. Solche Maßnahmen können von der LMBV in Zusammenhang mit dem örtlich prognostizierten Grundwasserstand vorgenommen werden.



rechtlicher Rahmen zur Anpassung an den Grundwasserwiederanstieg:

- Eine fachgerechte Ausführung von Abdichtungsmaßnahmen in Neubau und Bestand hat sich nach den Regeln der Technik für erdberührte Bauteile nach DIN 18533 zu richten.
- Die notwendigen Planungen und Untersuchungen zur Festlegung der grundwasserbedingten Gebäudebelastung sollten durch einen Baugrundsachverständigen oder ersatzweise durch einen Objektplaner durchgeführt werden.

Überblick über die technische Funktionsweise von Anpassungsmaßnahmen an den Grundwasserwiederanstieg (Tool E1):

- Zunächst wird der örtliche Bemessungsgrundwasserstand bestimmt, welcher dem höchsten Grundwasserstand (HGW) bzw. dem über das IBGW-Gutachten

- bestimmten Grundwasserstand entspricht.
- Über die Grundwasserstände und die Fundamenttiefe wird die Beanspruchung und anhand dessen die benötigte Abdichtung gewählt.
- Da es sich um von außen drückendes Grundwasser handelt, ist im Neubau die

- Ausbildung von wasserundurchlässigen „Weißen“ oder „Grauen Wannen“ notwendig.
- Im Bestand kann bei geringem Grundwasserstand eine Sanierung von Fehlstellen durch z.B. Injektionsmaßnahmen ausreichend sein. Andernfalls können nur

aufwändige Gebäudeanhebungen oder Installationen von Stahlbeton-Innentrögen oder Innentrögen aus WU-Beton Abhilfe schaffen. Im Notfall ist eine Verfüllung des Kellers zu erwägen.

Tool E1: Abdichtung erdberührter Bauteile

E 1.1: Abdichtung im Neubau

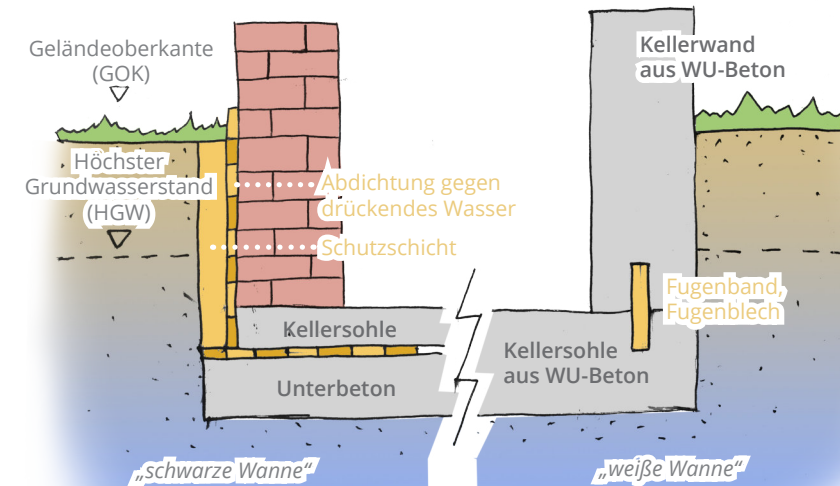


Abb. 26: Abdichtung im Neubau mittels Wannen (TUD 2025 nach SenMVKU 2020: 14f).

E 1.1: Abdichtung im Bestand

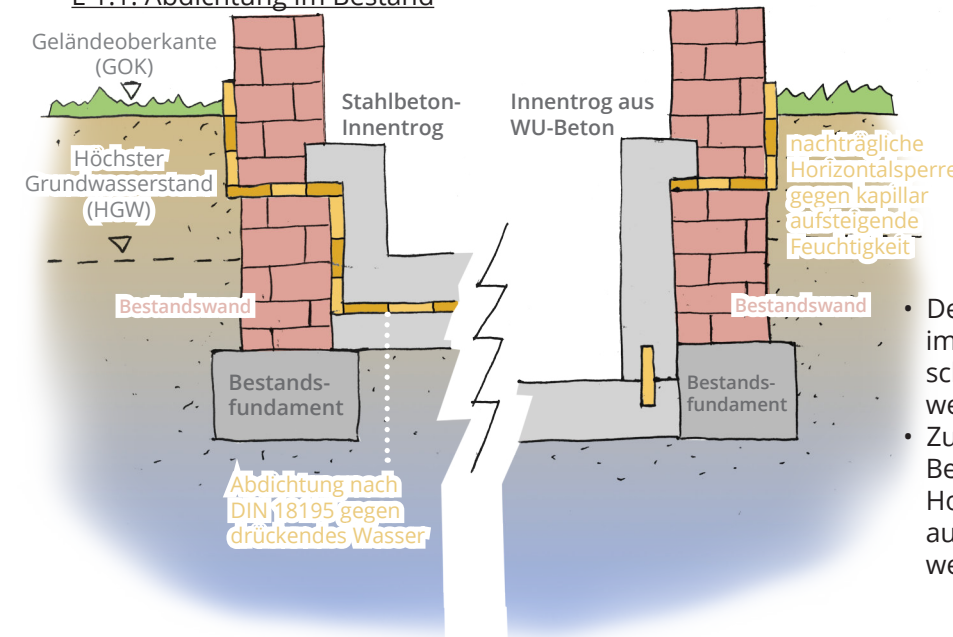


Abb. 27: Abb.: Abdichtung im Bestand mittels Innentrog (TUD 2025 nach SenMVKU 2020: 17).

- Die Abdichtung von Gebäuden, welche unter dem Bemessungsgrundwasserstand liegen (auch höchster Grundwasserstand) muss als geschlossene Wanne erfolgen.
- Dies kann mittels Bitumen- oder Kunststoffbahnen als „schwarze Wanne“ erfolgen oder mittels wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) als „weiße Wanne“
- Bei schwarzen Wannen werden die Dichtungsbahnen gegen mechanische Einwirkung mit einer Schutzschicht versehen. Bei weißen Wannen müssen die Fugen gesondert abgedichtet werden.

- Im Bestand ist eine häufige Lösung die Innentrogabdichtung. Dabei wird in den Keller ein Trog betoniert.
- Der Innentrog kann, wie im Neubau, als weiße oder schwarze Wanne ausgeführt werden.
- Zusätzlich muss in die Bestandswände eine Horizontalsperre gegen kapillar aufsteigendes Wasser installiert werden.

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Die Resilienz gegenüber den Folgen des Grundwasserwiederanstiegs steigt im Siedlungsbereich insbesondere durch die frühzeitige Beschäftigung mit dem Grundwasserstand, der bis 2100 in Abhängigkeit von Hydrogeologie und klimatischer Wasserbilanz unter trockenen und feuchten Verhältnissen prognostiziert wurde. Neubauten und Gebäude im Bestand können durch bautechnische Maßnahmen ihre Robustheit steigern und sind fortan gegen drückendes Grundwasser abgedichtet. Besonders im Neubau kann durch die Ausweisung von Baugebieten oder den Verzicht auf Kellergeschosse flexibel reagiert werden.

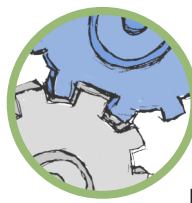




Siedlungsübergreifende Freiräume

Begrünte Versickerungsanlagen.....	34
Tool F1: Einbau einer begrünten Sickermulde.....	35
Teilentsiegelung und versickerungsfähige Flächenbeläge.....	36
Tool G1: Einbau versickerungsfähiger abflussgeminderter Flächenbeläge.....	37
Anpassung von Freiflächen an den Wiederanstieg des Grundwassers.....	38
Tool H1: Präventives Nutzungsmanagement für vernässungsgefährdete Flächen.....	39
Naturnahe Regenrückhaltebecken	40
Tool I1: Anlage naturnaher Regenrückhaltebecken (RRB).....	41
Unterirdische Versickerungsanlagen	42
Tool J2: Rohr-Rigole	43
Tool J3: Füllkörper-Rigole.....	43
Tool J1: Mulden-Rigole	43
Tool J4: Tiefbeet-Rigole	44
Tool J5: Baum-Rigole	45
Umbau der Kanalisation	49
Tool K1: Umbau des Mischsystems in modifiziertes Mischsystem	49
Tool K2: Umbau des Mischsystems in Trennsystem.....	49
Tool K2: Umbau des Mischsystems in modifiziertes Trennsystem.....	49

Begrünte Versickerungsanlagen



Überblick Wirkungen der Versickerungsanlagen:

- Grundsätzlich sind sie geeignet für die Entwässerung von Verkehrs-, Hof- und Dachflächen.
- Stärkung der lokalen Extremwetter-Vorsorge und des Landschaftswasserhaushaltes: Kanalisation und Vorfluter werden bei Spitzenabflüssen entlastet und zudem wird ein Beitrag zu Grundwasserneubildung und besseren Verdunstungsraten geleistet. Dabei



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm

Sachsen:

- „Förderrichtlinie Energie und Klima (FRL EuK/2023)“ (Fördersatz zwischen 75 und 80%) (vgl. REVOSax



rechtlicher Rahmen:

- Laut Erlaubnisfreiheits-Verordnung (ErlFreihVO) ist keine Versickerung in Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten

Zone I oder Altlastenböden,

in TW-Schutzzone II nur von unschädlich verunreinigtem Dachwasser, in TW-Schutzzone III von unschädlich verunreinigtem Wasser nach Einzelfallprüfung erlaubt (ErlFreihVO 2013, Paragraph 5, Abs. 2; Landeshauptstadt Dresden 2016: Mit Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen).

- Regenwasser von Dächern aus Kupfer, Zink oder Teerpappe mit Bitumenbahnen sollte nicht verwendet werden. Lösliche und unlösliche Metallverbindungen können freigesetzt werden und der Umwelt schaden (UBA 2023: Tipps für eine nachhaltige Regenwassernutzung).

- Versickerungsflächen lassen sich auf den

haben Versickerungsanlagen sehr gute Reinigungseffekte durch Filtrierungswirkung der Pflanzen und/oder nachfolgenden Füllschichten, was wiederum das Grundwasser vor Stoffeinträgen schützt (Stadt Leipzig et. al. 2022: 34).

- Günstiger Kostenfaktor: Durch Rückhalt und Versickerung sinkt die Niederschlagswassergebühr.
- Freiraumgestaltung: Durch Versickerungsanlagen ist eine naturnahe multifunktionale Freiraumgestaltung möglich.

2023: Förderrichtlinie Energie und Klima 2023) Bundesförderprogramm:

- „KfW Umweltprogramm“ (Darlehen bis zu 100% bei max. 25. Mio. €) (vgl. BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; Vgl. KfW 2023: 11)

Überflutungsnachweis für Grundstücke mit >800 m² abflusswirksamer Fläche nach DIN 1986-100 anrechnen (Berliner Regenwasseragentur o. J.: Versickerung)

Richtlinien und Leitfäden:

- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Benutzungen des Grundwassers (Erlaubnisfreiheits-Verordnung – ErlFreihVO).
- DWA-A 117 „Bemessung von Rückhalteräumen“.
- DWA-A 138-1 „Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb“.
- DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“.
- FLL-Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung.
- Prof. Dr. Sieker mbH „Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung“.

Überblick Funktionsweise Sickermulde (F1):

- Voraussetzung: Nötig ist eine möglichst hohe Versickerungsfähigkeit der Böden bei Durchlässigkeitsbeiwerten (kf-Werten) zwischen 10^{-3} und 10^{-6} m/s (Stadt Leipzig et. al. 2022: 50).
- Der Platzbedarf im Verhältnis zur angeschlossenen Fläche ist gering.
- Wartung und Herstellung sind kostengünstig und mit geringem Aufwand möglich, wobei die durchschnittliche Standzeit (Haltbarkeit) im Straßenraum ca. 25-30 Jahre beträgt.
- Das Gefälle der angrenzenden befestigten Flächen neigt sich in Richtung Mulde, sodass

Niederschlagswasser dorthin geleitet und gesammelt wird.

- Durch geeignete Bepflanzung kann so eine hohe Verdunstungsleistung von bis zu 85% und damit ein Beitrag zum natürlichen Wasserhaushalt sowie über Versickerung ein Beitrag zur Grundwasserneubildung geleistet werden.
- Je nach Durchlässigkeit des Bodens ergibt sich ein Flächenverbrauch von 5-20% der angeschlossenen Bemessungsfläche (DWA-A 138-1 2020: 81). Bei gut durchlässigen Böden reichen 10% der angeschlossenen Fläche (MLUK 2020: 16). Je größer also der kf-Wert, desto kleiner kann eine Mulde ausfallen.

Tool F1: Einbau einer begrünten Sickermulde

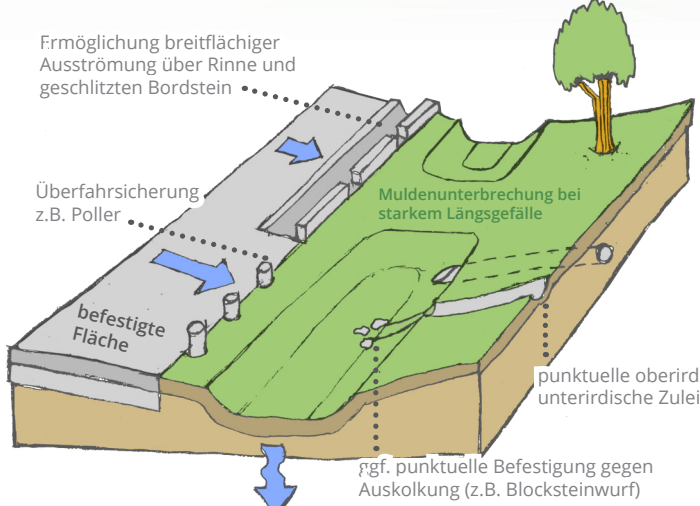


Abb. 28: Schema einer begrünten Mulde als Versickerungsfläche eines versiegelten Bereiches (TUD 2025 nach DWA A-138-1).

- Die Böschungsneigung sollte max. 1:2 sein, um problemloses Mähen noch ermöglichen zu können. Sofern der Platz ausreicht, kann die Böschungsneigung auch 1:10 betragen. Eine Vertiefung ist dann kaum noch wahrnehmbar (Stadt Leipzig et. al. 2022: 34-35).
- Als Deckschicht sollten mindestens 10 bis 30 cm humushaltiges und nährstoffreiches Substrat aufgetragen werden.
- Der Einlauf erfolgt meist durch Rinnen (befestigt/unbefestigt) und Rohre. Punktförmige Zuleitungsstellen sollten gepflastert sein oder durch Blocksteinwurf gegen Auskolkung gesichert werden.

- Die Einstauhöhe sollte < 30 cm betragen, sonst muss auf öffentlichen Flächen zur Verkehrssicherung eine Einfriedung erfolgen. Bei langen Mulden mit Gefällen sollte ein horizontales Sohlengefälle bzw. eine kaskadenförmige Abtreppung erfolgen.
- Die Inbetriebnahme der Mulde erfolgt erst wenn sich Bewuchs deckend ausgebildet hat.
- Grundsätzlich sind Mulden nicht zu befahren, eine extensive Nutzung zum Spielen oder Erholen ist allerdings uneingeschränkt möglich.
- Zum Erhalt der Bepflanzung sollten Mähgut und Laub regelmäßig entfernt werden (Stadt Leipzig et al. 2022: 34-35).
- Ausprägung je nach Standortvoraussetzungen und Anforderungen mittels zwei Muldenarten:

als Trockenstandort



Abb. 29: Sickermulde mit trockenheitstoleranten Stauden, z.B. Gipskraut, Blut-Storchschnabel, Wild-Aster (TU Dresden).

als wechselfeuchter Standort



Abb. 30: Sickermulde als wechselfeuchter Standort, mit z.B. Taglilien oder Bewimpertem Gilbweiderich. (TU Dresden).

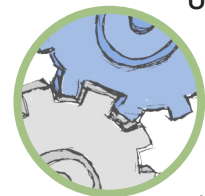
- Eine Begrünung ist mit Rasen, blütenreichen Ansaaten, Stauden und Geophyten aber auch Bäumen möglich (vgl. LWG 2019: 76-78).
- Intensivere Bepflanzung mit geeigneten Stauden, Gräsern und Bäumen steigert die Wasseraufnahmekapazität der Mulde sowie die Verdunstungsleistung gegenüber einer rein mit Gras bewachsenen Mulde. Vögeln und Insekten wird so ein zusätzlicher Lebensraum gegeben.
- Besonders Bäume profitieren vom zusätzlichen Wasserangebot in einer Mulde, sind gesünder und widerstandsfähiger (Berliner Regenwasseragentur Berlin o. J.: Mulden fördern gesünderes Wachstum).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär gesteigert wird die redundante Vielfalt und die Elastizität des Siedlungswasserhaushalts, da die Sickermulden einen zusätzlichen großvolumigen Versickerungsraum darstellen, der im Sinne des Trenn- bzw. modifizierten Mischsystems die Kanalisation entlastet und damit zur robusten Elastizität des Systems beiträgt. Zudem steigt primär die Resilienz gegenüber Hochwasser und Starkregen, da das Regenwasser nicht direkt in die Kanalisation bzw. in die Gewässer geleitet wird. Die erhöhte Versickerungsleistung wirkt sich zudem primär positiv auf die lokale Grundwasserneubildung aus, sodass die Robustheit der Trinkwasserressource gestärkt wird, was sich wiederum positiv auf die Sicherheit der Trinkwassergewinnung innerhalb der Kommune auswirkt (Dezentralität). Zusätzlich verringert sich somit lokal die Sensitivität gegenüber Trockenheit.



Teilentseiegelung und versickerungsfähige Flächenbeläge



Überblick Wirkungen der Flächenversickerung:

- Annäherung an den natürlichen Wasserkreislauf: Im Durchschnitt verdunsten 33% des mittleren

Jahresniederschlages, 64% versickern (Sieker 2018: 2). Versickerungsfähige Beläge entsprechen am meisten dem natürlichen Wasserkreislauf. Sie entlasten die Kanalisation, tragen zur Grundwasserneubildung bei und haben einen

- positiven Einfluss auf das Mikroklima.
- Gehölz- und Bodenvitalität: Förderung des Boden-Luft-Austausches v.a. im Bereich von Baumscheiben und Erhöhung der biologischen Vielfalt im Boden
- Multifunktionalität und Kostenfaktor: Eine Kombination von Flächennutzung, Gestaltung und Wasseraufnahme ist flexibel möglich. Zudem handelt es sich um das einfachste und billigste Verfahren zum Niederschlagsmanagement (Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR 2008: 7). Je geringer der Abflussbeiwert, desto größer ist dabei die Versickerungsleistung.



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „EFRE/JTF-Programm des Freistaates Sachsen“ – bis 2027 (>50% Förderung im Direktionsbezirk Leipzig; SMWA

2024: Der Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE): Innovationen, Klimaschutz und attraktive Stadtviertel für Sachsen).

Bundesförderprogramm:

- „KfW Umweltprogramm“ (Darlehen bis zu 100% – max. 25. Mio. €) (vgl. BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; Vgl. KfW 2023: 5-8, 11).



rechtlicher Rahmen:

- Laut Erlaubnisfreiheits-Verordnung (ErlFreihVO) ist keine Versickerung in Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten Zone I oder Altlastenböden, in TW-Schutzzone II nur von unschädlich verunreinigtem Dachwasser, in TW-Schutzzone III von unschädlich verunreinigtem Wasser nach Einzelfallprüfung gestattet (ErlFreihVO 2013, Paragraph 5, Abs. 2; Landeshauptstadt Dresden 2016: Mit Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen).
- Möglich ist die Anrechnung auf den Überflutungsnachweis für Grundstücke mit > 800 m² abflusswirksamer Fläche nach DIN 1986-100.

Richtlinien und Leitfäden:

- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Nutzungen des Grundwassers (Erlaubnisfreiheits-Verordnung – ErlFreihVO).
- DIN 19731 „Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial“.
- DWA-A 138-1 „Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb“.
- DWA-M 117 „Bemessung von Rückhalteräumen“ / DWA-M 153 "Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser" / Sieker „Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung“.
- FLL-Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung.

Überblick Funktionsweise Flächenversickerung:

- Voraussetzung ist eine möglichst hohe Versickerungsfähigkeit der Böden bei Durchlässigkeitsbeiwerten (kf-Wert) zwischen 10^{-2} und 10^{-6} (Stadt Leipzig et. al. 2022: 50).
- Die Versickerung findet durch Fugen, Öffnungen oder das Deckmaterial des teildurchlässigen Belags bei möglichst breitflächiger Verteilung des Niederschlages statt. Dabei sollten zusammenhängende größere Flächen mit 2–3% Gefälle ausgeführt werden, sodass auch bei Starkregen überschüssiges Wasser abfließen kann.
- Geschliffene oder gesägte Pflastersteine sind

gestalterisch wertvoll und leisten dann auch einen Beitrag zur Barrierefreiheit.

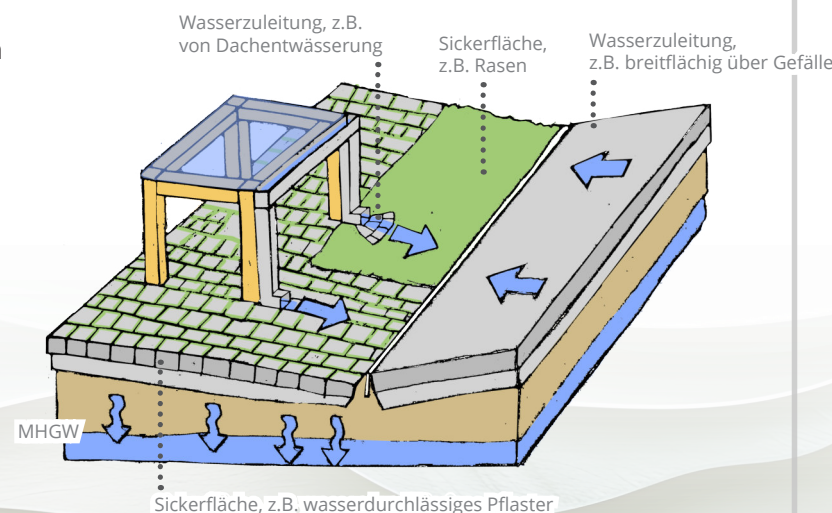
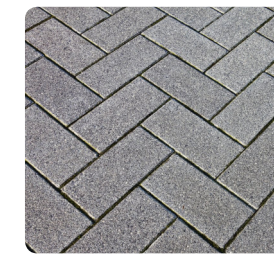


Abb. 31: Schema der Funktionsweise der Flächenversickerung. (TUD 2025 nach DWA A-138-1).



Tool G1: Einbau versickerungsfähiger abflussgeminderter Flächenbeläge Beispiele geeigneter Flächenbeläge



Porenpflaster/Ökopflaster:

- sofortige Versickerung des Niederschlages
- keine Pfützenbildung
- kein Kanalananschluss erforderlich
- gute Druckfestigkeit
- Porenpflaster regelmäßig mit Hochdruckreiniger säubern und abkehren, da Poren schnell verstopfen (Stadt Leipzig et al. 2022: 32-33)
- Abflussbeiwert ca. 0,25 (ökologisch bauen o. J.: Versickerungsfähige Pflastersteine vermindern Bodenversiegelung)



Gittersteine aus Beton:

- Vermeidung von Staunässe durch Öffnungsanteil von 40% (Grafe Beton o. J.: Rasengitter)
- Substrat in Öffnungsanteilen wird bis ca. 1 cm unter Oberkante eingefüllt
- Einstreu von Rasensaat zur Begrünung und Verdunstungssteigerung, Pflege beschränkt sich dann auf Mahd (Stadt Leipzig et al. 2022: 32-33)
- Abflussbeiwert 0,15 (Grafe Beton o. J.: Rasengitter)



Fugenpflaster/Verbundpflaster:

- bis zu 21% Öffnungsanteil (Grafe Beton o. J.: MH Ökoplatt)
- Abflussbeiwert 0,15 - 0,25 (Stadt Leipzig et al. 2022: 59)

weitere teildurchlässige Beläge:

- wassergebundene Wegedecke Abflussbeiwert 0,7
- Schotterrasen Abflussbeiwert 0,2 – 0,3
- fester Kiesbelag Abflussbeiwert 0,6 (bfr Abwasser o. J.: Hinweise zur hydraulischen Bemessung)

Flächenbelag	Eignung für				
	Wege	Hofflächen	Terrassen	Befahrbare Bereiche	Kfz-Stellplätze
Rindenschrot oder Holzhäcksel	+				(+)
Lehm-, Schilf- oder Kiesdecke	+	(+)			(+)
Porenpflaster (Beton)	+	+	+		+
Rasenfugenpflaster	(+)	+		+	+
Rasengittersteine (Beton)				+	+
Rasengitterwaben (Kunststoff)	+	+		+	+
Holzroste	+		+		

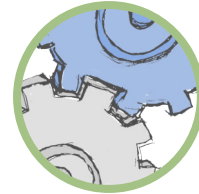
+ gut geeignet, (+) geeignet bei geringer Nutzung

Abb. 32: Eignung teildurchlässiger Flächenbeläge für verschiedene Flächennutzungen. (MLUK 2020:14)

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär kommt es zur Steigerung der Redundanz des Siedlungswasserhaushaltes, da je nach Wahl des durchlässigen Belags viel Niederschlagswasser versickert werden kann, wodurch wiederum Kanalisation und Gewässer bei Starkregen und Hochwasser entlastet werden und ein Beitrag zur Grundwasserneubildung und somit zur Robustheit der Trinkwasserversorgung geleistet wird. Das wirkt sich im Sinne der Dezentralität positiv auf die Trinkwassergewinnung in der Kommune aus. Zusätzlich verringert sich die Sensitivität gegenüber Trockenheit.

Anpassung von Freiflächen an den Wiederanstieg des Grundwassers



Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen für Freiflächen an den Wiederanstieg des Grundwassers:

- langfristige Sicherung der Freiflächennutzung bzw. Umlenkung auf vernässungssichere Flächen: Bestimmte Nutzungen, wie z.B. Kleingartenanlagen oder Sportflächen, können auf eine temporäre oder dauerhafte Vernässung sensibel reagieren. Eine Beobachtung des Vernässungsverlaufs und eine präventive Strategie für die Umlegung von besonders sensiblen Nutzungen kann die Akzeptanz der Betroffenen erhöhen.
- Erhöhung der Flexibilität und des Retentionsvermögens von geeigneten vernässungsgefährdeten Freiflächen: Sind nur Teilbereiche von öffentlichen Freiflächen, Kleingartenanlagen oder Sportflächen



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- Über genaue Modalitäten der Fördermöglichkeiten für Präventionsmaßnahmen gegenüber der Vernässung von Siedlungsbereichen innerhalb der Braunkohlereviere im Zuge des Kohleausstiegs und Strukturwandels ist derzeit nichts bekannt.



- Grundsätzlich ist bei Vernässungsflächen mit zumindest temporär hohen Grundwasserständen die Filterstrecken für Oberflächenwasser in der belebten Bodenzone gering und eine Verschmutzung von Grundwasser ist zu vermeiden. Zu beachten sind demnach die Anforderungen, welche auch für Versickerungsanlagen gelten.
- Laut Erlaubnisfreiheits-Verordnung (ErlFreihVO) ist keine Versickerung in Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebieten Zone I oder Altlastenböden, in TW-Schutzzone II nur von unschädlich verunreinigtem Dachwasser, in TW-Schutzzone III von unschädlich verunreinigtem Wasser nach Einzelfallprüfung erlaubt (ErlFreihVO 2013, Paragraph 5, Abs. 2; Landeshauptstadt

betroffen, können diese nach dem Vorbild überflutbarer Parkanlagen temporär vernässungsverträglich gestaltet werden.

- Erhöhung der Robustheit von Ver- und Entsorgungsinfrastruktur im Vernässungsbereich: Eine szenarienbasierte Planung und ein Monitoring des Vernässungsverlaufes unter siedlungsbezogenen Freiflächen sichert die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur langfristig vor Wasserschäden.
- Verringerung der Folgekosten bei notwendigen Neuplanungen im Vernässungsbereich: Eine Berücksichtigung der Abdichtung bzw. vernässungssichere Bauweise von Infrastrukturen, die in zukünftigen Wiedervernässungsbereichen liegen, spart Folgekosten.
- Grundsätzlich wird durch §3 des jeweils aktuellen „Verwaltungsabkommens (VA) Braunkohlensanierung“ – derzeit VA VII – geregelt, dass Abwehrmaßnahmen gegen die Folgen des Grundwasserwiederanstiegs im Verhältnis 50:50 von Bund und Ländern finanzierbar sind. Solche Maßnahmen können von der LMBV in Zusammenhang mit dem örtlich prognostizierten Grundwasserstand vorgenommen werden.

Dresden 2016: Mit Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen).

- Regenwasser von Dächern aus Kupfer, Zink oder Teerpappe mit Bitumendichtungsbahnen sollte nicht verwendet werden, da lösliche und unlösliche Metallverbindungen freigesetzt werden und der Umwelt schaden könnten (UBA 2023: *Tipps für eine nachhaltige Regenwassernutzung*).
- Versickerungsanlagen können auf den Überflutungsnachweis für Grundstücke mit > 800 m² abflusswirksamer Fläche nach DIN 1986-100 angerechnet werden (Berliner Regenwasseragentur o. J.: *Versickerung*).
- Der Einbau bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis (Sieker; Bandermann o. J.: *Rigolen*).

Richtlinien und Leitfäden:

- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Benutzungen des Grundwassers (Erlaubnisfreiheits-Verordnung – ErlFreihVO).
- DWA-A 117 „Bemessung von Rückhalteräumen“.

- DWA-A 138-1 „Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb“.
- DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“.
- FLL Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung.
- Sieker „Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung“.

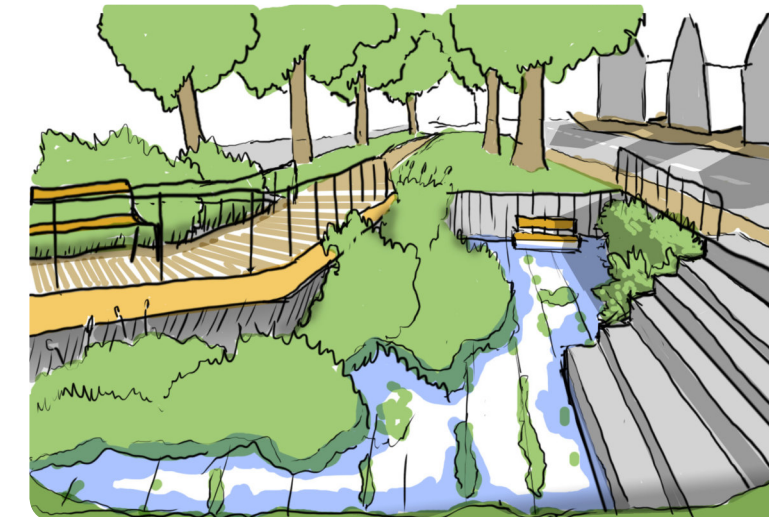
Tool H1: Präventives Nutzungsmanagement für vernässungsgefährdete Flächen



H 1.1: Langfristige Verlegung sensibler Nutzungen

- Bei besonders sensiblen Nutzungen, wie der Kleingartennutzung, kann ein dauerhaft hoher Grundwasserstand Einfluss auf die Eignung für die bisherige Nutzung, z.B. als Anbaufläche haben.
- Zudem müssten aufgrund geringem Grundwasserflurabstand unter Umständen Reglementierungen zu möglichen Stoffeinträgen getroffen werden, z.B. die Reglementierung der Düngung.

H 1.2: Anpassung von Freiflächen an temporäre Überflutung



- Bei weniger stark betroffenen Flächen oder Teilflächen kann eine veränderte Gestaltung, die einer temporären Überflutung standhält, sogar reizvoll für die Freiraumnutzung sein.
- Vorbild sind die integrierten Regenrückhalteflächen auf öffentlichen Parkanlagen („stormwater parks“), die es in vielen Städten, allen voran Kopenhagen, bereits gibt.
- Erhöhte Wege, Abdichtungen, Tiefenlinien und Abläufe können einen Grundwasseranstieg lenken.

Abb. 33: Überflutungssicherer Grünstreifen, der bei Starkregen als Rückhalteraum und ansonsten dem Aufenthalt dient. Stege garantieren den Aufenthalt auch bei Vernässung (TUD 2025 nach der Grünverbindung „Scandiagade“ am Kopenhagener Südhafen).

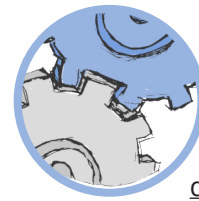
H 1.3: Sicherung von Ver- und Entsorgungsinfrastruktur gegen den Grundwasseranstieg

- Sowohl bestehende als auch neu zu planende Ver- und Entsorgungsleitungen sind auf möglicherweise künftig höhere Grundwasserstände zu prüfen. Sie können bereits ab einem Abstand von 3m betroffen sein und müssen vor Wasserschäden geschützt sein.

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Die Resilienz gegenüber den Folgen des Grundwasserwiederanstiegs steigt im Siedlungsbereich insbesondere durch die frühzeitige Beschäftigung mit dem Grundwasserstand, der bis 2100 in Abhängigkeit von Hydrogeologie und klimatischer Wasserbilanz unter trockenen und feuchten Verhältnissen prognostiziert wurde. Neuplanung und Freiflächen im Bestand können durch bautechnische Maßnahmen ihre Elastizität steigern und sind fortan gegen drückendes Grundwasser abgesichert, da die Schichtaufbauten und Materialien unanfällig gegen stehendes Wasser sind, Nutzungen verlagert wurden und die technische Infrastruktur gegen Wasserschäden abgesichert wurden.

Naturnahe Regenrückhaltebecken (RRB)



Überblick Wirkungen der naturnahen Regenrückhaltebecken

- Stärkung der lokalen Extremwettervorsorge und des Landschaftswasserhaushalts:

Rückhaltebecken haben ein großes Fassungsvermögen und entlasten effektiv Kanalisation und Fließgewässer bei Spitzenabflüssen durch Niederschlag. Die Verdunstungsleistung wiederum leistet einen Beitrag zum natürlichen Wasserkreislauf und hat positive Auswirkung auf das Mikroklima.

• Unterstützung von Standgewässern und Löschteichen: Eine Einleitung von Oberflächenabflüssen in siedlungsnah austrocknungsgefährdete Standgewässer kann

die Wasserführung unterstützen und helfen sie zu erhalten. Auch Löschteiche können durch die gezielte und vermehrte Sammlung von Regenwasser gestützt werden.

- Lebensraumfunktion: Rückhaltebecken bieten Lebensraum für Tiere und Pflanzen und können so zum Biotopverbund beitragen. Salztolerante, im Wasser lebende, gefährdete Arten kommen in RRB z.B. häufiger vor, als in extra für Artenschutz Zwecke angelegten Teichen (*Transforming Cities* 2020).
- Naturerlebniswirkung: Erlebniswirksamkeit und Akzeptanzsteigerung können durch die Einbindung in ein Gestaltungs- und Erlebniskonzept eines Ortes/einer Region erreicht werden (*Hicke; Pils o. J.: 2-3*).



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm

Sachsen:

- „Förderrichtlinie

Siedlungswasserwirtschaft“ (vgl:

FRL Siedlungswasserwirtschaft SWW/2016, Stand 2025: Paragraph 2, Abs. 2.5).

Bundesförderprogramm:

- „KfW Umweltprogramm“ (Darlehen bis zu 100% bei max. 25. Mio. €) (vgl. BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; Vgl. KfW 2023: 11).



rechtlicher Rahmen:

- Notwendig ist zuerst die wasserrechtliche Genehmigung zur Errichtung des RRBs.

- Dann bedarf es einer

wasserrechtlichen Erlaubnis zur Einleitung von Niederschlagswasser in ein Gewässer (*Landratsamt Landkreis Mittelsachsen 2024: 1*).

Richtlinien und Leitfäden:

- DWA-M 153 „Handlungsempfehlung zum Umgang mit Regenwasser“
- DWA-A 117 „Bemessung von Regenrückhalteräumen“
- DWA-A 102-1 und 102-2 „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer - Teil 1 bis 5“
- FLL-Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung

Überblick Funktionsweise naturnahe Regenrückhaltebecken (Tool I1):

Vorraussetzung:

- Es braucht ausreichend Platz, um ein Speichervolumen entsprechend des Einzugsgebietes anzulegen.
- Technische Bauteile müssen immer zugänglich und kontrollierbar sein.
- Es braucht auch genügend Platz im Umfeld für Pflegearbeiten, z.B. Entschlammungen oder Reparaturen (*Hicke; Pils o. J.: 2-3*).
- Ein Vorfluter sollte sich in unmittelbarer Nähe befinden, um den Notablauf und eine gedrosselte Ableitung gewährleisten zu können.

- Die Einleitung des Niederschlagswassers erfolgt über einen Zulaufkanal. Im Zulaufkanal ist ein Schachtbauwerk eingesetzt, durch das gröbere Verschmutzungen zurückgehalten werden und sich absetzen. Entsorgt werden diese durch ein Spezialfahrzeug.
- Die fortschreitende Klärung des Wassers innerhalb des Beckens erfolgt in Absetzonen. Der Schlamm setzt sich an der Beckensohle ab, schwimmende Stoffe sammeln sich vor dem Auslaufbauwerk oder einer Tauchwand und können dort abgesaugt werden.
- Das Auslaufbauwerk besteht aus einem Ablauf in den Vorfluter oder die angeschlossene Kanalisation (*Stadtwerke Osnabrück 2016: Faszination Regenrückhaltebecken*).



Tool I1: Anlage naturnaher Regenrückhaltebecken (RRB)

- Neben neu anzulegenden naturnahen Regenrückhaltebecken können auch siedlungsnah austrocknungsgefährdete Standgewässer genutzt und durch Einleiten von Dachwasser revitalisiert werden.

- Uferböschungen mit Steigungen von 1:10 bis 1:3 ermöglichen Tieren den Gewässerzugang.

- Regenrückhaltebecken werden zu abwechslungsreichen Lebensräumen durch strukturreiche, buchtenreiche Uferlinien mit sonnigen und halbsonnigen Bereichen.
- Flache und stark besonnte, aber auch dauerhaft wasserführende Teichzonen ermöglichen die Entwicklung und Überwinterung von Amphibien.
- Uferbereiche sollten nicht mit Oberboden überdeckt werden, einerseits aus Kostenersparnis und andererseits zur Etablierung von sandigen, feinkiesigen Uferbereichen als Lebensraum für spezialisierte Arten, wie z.B. der Kreuzkröte.
- Wenn Böschungsbegrünung vorgenommen wird, dann nicht mit Rasenansaat sondern mit regionalen Saatgutmischungen.
- Eine Umgrenzung des Regenrückhaltebeckens mit Hecken und Säumen erleichtert die Zuwanderung von Arten, wobei die Südseite von Gehölzen freigehalten werden sollte. Amphibien brauchen im Frühjahr besonnte schnell erwärmte Gewässerbereiche zur Larvenentwicklung (*Hicke; Pils o. J.: 4-5*).

- Pflegemaßnahmen beziehen sich auf die Wartung der Zu- und Abläufe, die Entschlammung und den Rückschnitt von überhandnehmendem Röhricht- und Gehölzaufwuchs (*Ebd.: 6*).
- Detaillierte Pflegeausführung mit Rücksicht auf Artenschutz: „Unterhaltung von naturnahen Rückhaltebecken (RHB). Arten- und Biotopschutz richtig berücksichtigen - ein Leitfaden“, Stadt Hamburg. Oder: *Holtmann, Brüggeshemke, Fartmann (2025): „Regenrückhaltebecken – Hotspots der Biodiversität in urbanen Räumen“ (DOI: 10.1399/NuL.143623)*.



Abb. 34: Ein naturnah gestaltetes Regenrückhaltebecken mit Flachwasserzone, Tiefwasserzone und Gehölzen (TU Dresden).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär gefördert werden die robuste Elastizität und redundante Vielfalt des Siedlungswasserhaushalts, da die Regenrückhaltebecken einen zusätzlichen Stau- und Versickerungsraum im Starkregenfall darstellen. Auch Kanalisation, Regenüberläufe und Klärwerke werden in Spitzenzeiten entlastet, da das Regenwasser nicht direkt in die Kanalisation bzw. in die Gewässer geleitet wird.



Unterirdische Versickerungsanlagen



Überblick Wirkungen der Versickerungsanlagen:

- **Flexible Integrierbarkeit:** Unterirdische Anlagen zur Versickerung eignen sich für die Entwässerung von gering belasteten Verkehrs-, Hof- und Dachflächen und lassen sich gut integrieren, da sie überfahrbar gestaltet werden können. Sie stellen keinen Eingriff in die oberirdische Gestaltung dar und Freiräume darüber können uneingeschränkt genutzt werden.
- **Stärkung des lokalen Siedlungswassermanagement und des**

örtlichen Landschaftswasserhaushaltes: Es besteht die Möglichkeit der vollständigen Niederschlagsversickerung und somit einer Entlastung des Kanalnetzes insbesondere bei Starkregen. Außerdem kann ein Beitrag zur lokalen Grundwasserneubildung geleistet werden. Allerdings ist die Verdunstungsleistung mitunter gering.

- **Filterung von Oberflächenabflüssen:** Zwar ist hier die Niederschlagsreinigung zunächst gering, da das Wasser nicht den Oberboden passiert. Es werden allerdings zur Reinigung Filterschächte vorgeschaltet (Sieker; Bandermann o. J.: Rigolen).



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „Förderrichtlinie Energie und Klima (FRL EuK/2023)“ (Fördersatz zwischen 75 und 80% (vgl. REVOSax 2023:

Förderrichtlinie Energie und Klima (2023). Bundesförderprogramm:

- „KfW Umweltprogramm“ (Darlehen bis zu 100% bei max. 25. Mio. € (vgl. BMWK 2024: Förderprogramm KfW-Umweltprogramm; KfW 2023: 11)



rechtlicher Rahmen:

- Laut Erlaubnisfreiheits-Verordnung (ErlFreihVO) ist keine Versickerung in Heilquellen- und

- Trinkwasserschutzgebieten Zone I oder Altlastenböden, in TW-Schutzzone II nur von unschädlich verunreinigtem Dachwasser, in TW-Schutzzone III von unschädlich verunreinigtem Wasser nach Einzelfallprüfung (ErlFreihVO 2013, Paragraph 5, Abs. 2; Landeshauptstadt Dresden 2016: Mit Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen).
- Regenwasser von Dächern aus Kupfer, Zink oder Teerpappe mit Bitumendichtungsbahnen sollte nicht verwendet werden, da lösliche und unlösliche Metallverbindungen freigesetzt werden und der Umwelt schaden könnten (UBA 2023: Tipps für eine nachhaltige Regenwassernutzung).
- Versickerungsanlagen können auf den Überflutungsnachweis für Grundstücke

mit > 800 m² abflusswirksamer Fläche nach DIN 1986-100 angerechnet werden (Berliner Regenwasseragentur o. J.: Versickerung).

- Der Einbau bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis (Sieker; Bandermann o. J.: Rigolen).

Richtlinien und Leitfäden:

- Verordnung des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Benutzungen des Grundwassers (Erlaubnisfreiheits-Verordnung – ErlFreihVO).
- DWA-A 117 „Bemessung von Rückhalteräumen“.
- DWA-A 138-1 „Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb“.
- DWA-M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“.
- FLL Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung.
- FLL Empfehlungen für Baumpflanzungen
- Sieker „Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung“.

Überblick Funktionsweise Rigolensysteme:

Vorraussetzung:

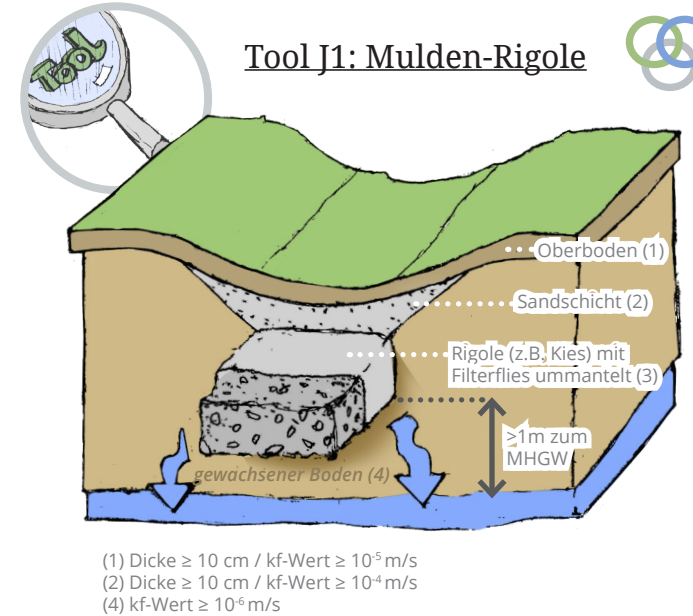
- Benötigt wird ausreichend Platz im Untergrund, denn der Abstand von Unterkante der Rigole bis zur Oberkante des mittleren höchsten Grundwasserstandes (MHGW) muss mind 1 m betragen.
- Möglich ist der Einsatz ab einem Durchlässigkeitsbeiwert (kf) des Untergrundes

von 10⁻³ bis 10⁻⁶ m/s (Stadt Leipzig et al. 2022: 36–37; 50).

- Rigolen werden grundsätzlich für unterirdische Versickerung bei schlechter durchgängigen Böden eingesetzt.
- Die Versickerungsleistung ist durch Füllmaterial mit großem Porenvolumen gegeben. Als Füllmaterial dienen meist Kies (16/32), Lavagranulat oder Kunststofffüllkörper

(Sieker; Bandermann o. J.: Rigolen).

- Es darf keine Aus- oder Einwaschung von Bodenpartikeln in die Rigole stattfinden. Dazu gibt es eine Ummantelung mit Filtervlies, eine



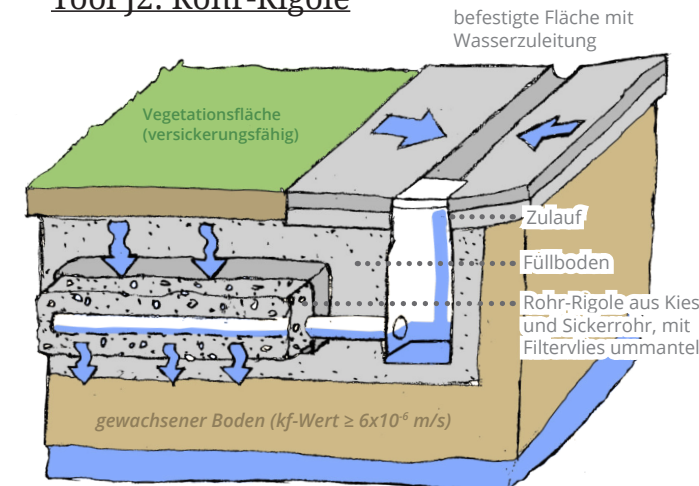
abgestufte Körnung des Schüttgutes oder eine Kombination aus beidem.

- Um Grobmaterialien zurückzuhalten, werden zudem Absetzschächte in den Zulauf eingebaut (Stadt Leipzig et al. 2022: 36–37).

- Kombination aus oberirdischer und unterirdischer Versickerung
- geringerer Platzbedarf als bei reiner Flächen- oder Muldenversickerung (nur ca. 10–12% der angeschlossenen befestigten Fläche)
- ist notwendig, wenn für ausschließliche Muldenversickerung kein Platz ist oder Versickerung naturgemäß nur schlecht stattfinden würde
- Reinigungsleistung durch den Oberboden der Mulde (Frauke, o. J.: Mulden-Rigolen-System [MRS])

Abb. 35: links – konstruktiver Querschnitt durch ein Mulden-Rigolen-System (TUD 2025 nach Zimmermann 2015: 411, Abb. 3.11.28).

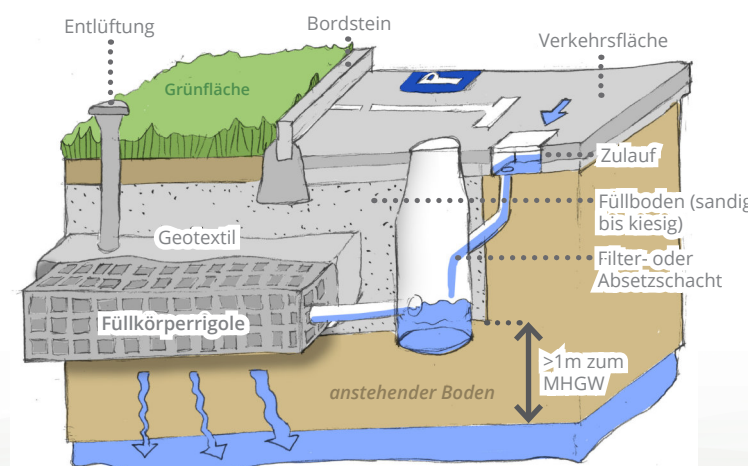
Tool J2: Rohr-Rigole



- Vergrößerung der Wasseraufnahmekapazität durch Einbettung eines Sickerrohrs
- Zuleitung in die Rigole über ein Leitungssystem oder einen Schacht
- die Perforation im Rohr lässt Wasser in die anstehenden Bodenschichten versickern
- Rohrgröße liegt generell bei DN 300 (Zimmermann 2015: 410)

Abb. 36: links – konstruktiver Längsschnitt durch ein Rohr-Rigolen-System (TUD 2025 nach Zimmermann 2015: 410, Abb. 3.11.26).

Tool J3: Füllkörper-Rigole



- sehr ähnlich der Rohr-Rigole
- Kunststoffkörper als Versickerungselemente haben allerdings ein geringeres Gewicht und durch große Hohlräume eine sehr gute Aufnahmekapazität (Zimmermann 2015: 410)

Abb. 37: links – schematische Isometrie einer Füllkörper-Rigole (TUD 2025 nach Stadt Leipzig et al. 2022: 37, Abb. 37).



Tool J4: Tiefbeet-Rigole

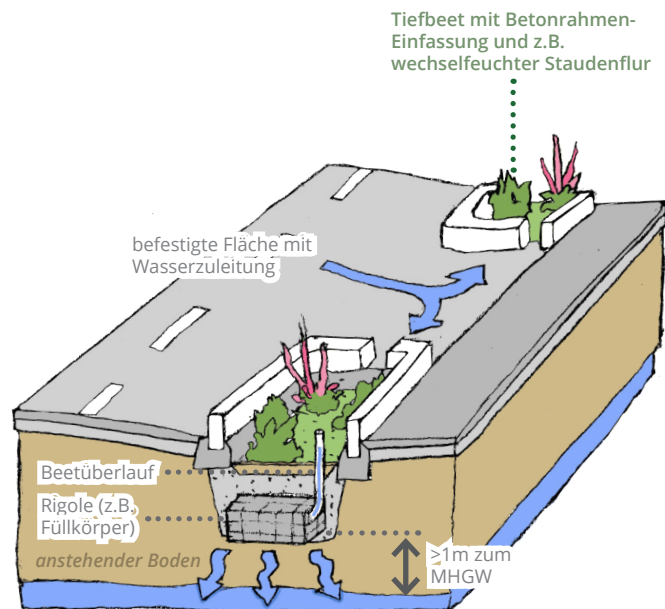


Abb. 38: Tiefbeet-Rigole im Straßenraum. Die Zuleitung des Niederschlagswassers erfolgt über eine offene Rinne am Straßenrand und den Schacht am Beetrand (TUD 2025 nach Sieker o.J.).



Abb. 39: Tiefbeet-Rigolen auf dem Parkplatz des Schloss Pillnitz in Dresden (TUD 2025).

- Sonderform des Mulden-Rigolen-Systems
- Die Kombination von dem mit Betonborden eingefassten Tiefbeet und der darunter liegenden Füllkörper-Rigole ist besonders platzsparend: Es wird nur die Hälfte der Fläche einer normalen Mulden-Rigole gebraucht, sodass circa 3–5% der angeschlossenen Fläche ausreichen.
- Diese geringere Fläche wirkt sich dank Bepflanzung nicht nachteilig auf die Verdunstungsleistung aus, womit die Wasserbilanz der einer Mulden-Rigole ähnelt.
- Sie kann wie andere Rigolen-Systeme auch bei weniger versickerungsfähigen Böden eingesetzt werden.
- Die Zuleitung des Niederschlages findet über geneigte Anschlussflächen und geschlitzte bzw. gebohrte Borde oder einen punktuell eingefassten Einlauf statt.
- Versickerung erfolgt aus dem Beet zunächst über belebte Bodezone, dann über die Rigole in den Unterboden.
- Wenn bestimmter Wasserstand in Tiefbeet erreicht ist, wird überschüssiger Niederschlag direkt durch den Überlauf in die Rigole geleitet (etwa 3–4% des Jahresniederschlages) und von dort gedrosselt versickert. Der Überlauf besitzt dabei eine Schwimmstoffrückhaltung (Sieker o. J.: *Tiefbeet-Rigolen*).
- Der Wartungsaufwand insgesamt ist gering, da durch Strauch- oder Bodendeckerpflanzung eine regelmäßige Mahd von Rasen entfällt.
- Eine Inspektion des Absetzschachtes ist zweimal im Jahr nötig sowie die Spülung des Drainrohrsystems nötig (Ebd.).
- Neben einer Neuanlage der Beete können auch bereits bestehende straßenbegleitende Beete als Tiefbeet-Rigolen umgebaut werden.

Tool J5: Baum-Rigole



- Sonderform des Rigolen-Systems nach dem FLL-üblichen Platzbedarf für Straßenbäume (das heißt: durchwurzelbares Bodenvolumen von mindestens 12 m³ bei einer Mindestdtiefe von 1,5 m)
- Die Kombination des Baumstandortes als Versickerungsfläche mit darunter liegender Rigole ermöglicht eine sehr gute Wasser- und Sauerstoffversorgung des Baumes sowie eine hohe Verdunstungsleistung.
- Die Zuleitung des Niederschlages erfolgt entweder oberirdisch durch Gefälle der Anschlussflächen in Kombination mit geschlitzten/gebohrten Borden und/oder unterirdisch über Abflussschächte und Sickerrohre.
- Die Abdichtung unterhalb des Wurzelraumes dient als Reservoir, welches das Sickerwasser anstaut und es kapillar über einen längeren Zeitraum auch während Trockenphasen den Wurzeln zur Verfügung steht. So wachsen die Wurzeln gezielt nach unten, statt seitlich in Bereiche des Oberbaus der Anschlussflächen.
- Der Versickerungsraum entspricht dem Wurzelraum des Baumes. So kommt es zu sehr gutem Stoffrückhalt durch lange Sickerstrecken: Das entspricht einer Reduktion von 74% Gesamtphosphor, 68% Gesamtstickstoff, 80–90% Schwermetalle (Pallasch o. J.: *Baumrigolen*).

oberirdische Niederschlagseinleitung:

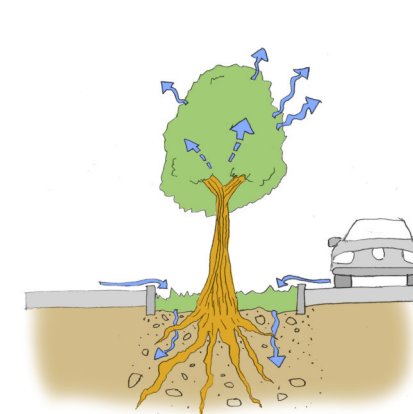


Abb. 40: Baumgrubensanierung auf dem Gänsemarkt in Bad Mergentheim, BW. (TUD 2025 nach BlueGreenStreets Teil A 2022: 114, Abb. 92; Holger Uwe Schmitt, CC BY-SA 4.0).



- Entsiegelung von Baumscheiben und Absenkung um wenige Centimeter unter Straßenoberkanteniveau
- Öffnung der Bordeinfassung für punktuellen Zulauf des Niederschlagswassers von der Straße
- bei Starkregenereignis und Sättigung der Baumrigole wird überschüssiges Wasser in Straßenablauf geleitet (BlueGreenStreets Teil A 2022: 117)

Zwickauer Modell:



Abb. 42: geschlitzte Borde als Niederschlagszuleitung zu einer Baumrigole am Pirnaischen Platz in Dresden (TUD 2025).

- wird viel im Leipziger Raum angewendet
- ähnelt der einfachen Baumgrubensanierung
- Baum steht auf der Fahrbahn statt auf dem Fußweg
- gehwegseits findet die Niederschlagseinleitung über geschlitzte Borde statt
- obere Substratschicht besteht aus Lavalit, um die Verdunstung zu verlangsamen (BUND Leipzig o. J.: *Straßenbäume*) (Vgl.: Stadt Leipzig. Amt für Stadtgrün und Gewässer 2022: *Regeldetail Baumscheibe/Baumgrube im Zwickauer Modell*)

Baumrigole mit Bodenwanne:

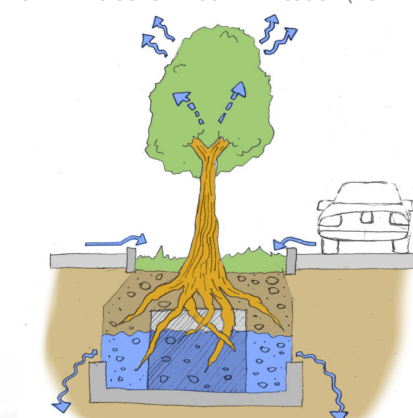


Abb. 41: einfache Baumrigole in der Lili-Elbe-Straße in Dresden (TUD 2025 nach BlueGreenStreets Teil A 2022: 116, Abb. 91).



- Zuleitung des Niederschlagswassers z.B. von der Straße über geschlitzte oder gebohrte Bordsteine in begrünte Tiefbeete mit mittlerer Kapillarsäule
- Einbau von Bodenwannen, um Niederschlagswasser in der Rigole anstauen zu können
- Notüberlauf, damit Hauptwurzelraum bei Starkniederschlägen nicht übersättigt wird

- in Gebieten mit Mischkanalisation müssen hier Rückstauklappen eingebaut werden, um Rückstau im Starkregenfall zu verhindern (BlueGreenStreets Teil A 2022: 116).

unterirdische Niederschlags-einleitung:

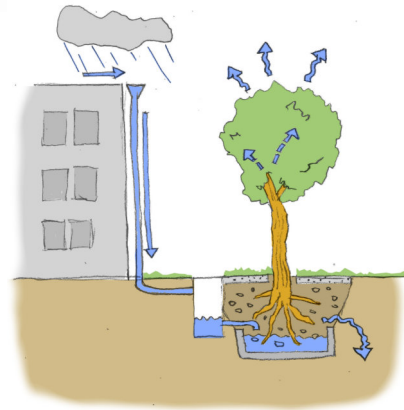


Abb. 43: Unterirdische Einleitung von Dachwasser in eine Baum-Rigole mit oder ohne zwischengeschaltetem Verteilerschacht (TUD 2025 nach BlueGreenStreets Teil A 2022: 112, Abb. 87).

- Entlastung der Kanalisation durch Entkopplung der Dachflächen vom Abwassersystem
- Das Rigolensystem ist nicht sichtbar und die Baumscheiben können genutzt werden (Ebd.)

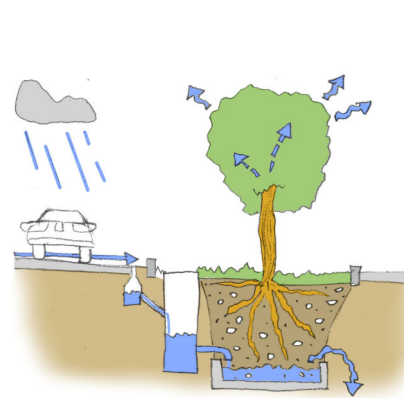


Abb. 44: unterirdische Einleitung von Oberflächenwasser eines Geh- und Radweges im versiegelten Bereich über Drosselschacht mit Leitungsabschlüssen am östlichen Promenadenring in Dresden (TUD 2025 nach BlueGreenStreets – A 2022: 112, Abb. 90).

- Vorfiltrierung im Drosselschacht ermöglicht die Nutzung von Niederschlagswasser zur Einleitung in die Baum-Rigole auch von stark befahrenen Straßen
- Topographie der Straße muss in der Regel nicht verändert werden, sondern kann zur Einleitung genutzt werden (Ebd.)

Baum-Rigole nach Stockholmer System:

- In den meisten Baum-Rigolen wird in den Pflanzgruben FLL-zertifiziertes Baums substrat und als Schüttgut für die Rigole Kies 16/32 oder Lavagranulat verwendet und die Sohldichtung erfolgt oft durch Einbau einer Betonwanne.
- Dieser Ansatz wird durch das Stockholmer System modifiziert:
 - Statt einer Betonwanne wird grobes Gestein (100 bis 150mm) in eine mind. 1,5 m tiefe Pflanzgrube eingebracht.
 - Darüber liegt eine mindestens 20 cm dicke Belüftungsschicht aus feinerem Gesteinsmaterial (32 bis 63 mm). Alternativ kann auch recycelter Beton verwendet werden
 - Sofern es die Standortbedingungen erlauben, kann der Wurzelraum auch bis unterhalb der Verkehrsfläche erweitert werden.
 - Ein wichtiges Element ist der Belüftungsschacht, der 50cm tief in die Rigole eingebaut wird. Er ist auf Höhe der Belüftungsschicht perforiert und garantiert einen guten Gasaustausch und gezielte Niederschlags-einleitung (Biber; Dickhaut; Kruse 2019: Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten).
 - Die Erhöhung der Hohlraumanteile im Substrat um 30% bedingt mehr Nährstoffe und Luftschlüsse. Darüber wird die bestmögliche Versorgung des Baumes in einer vollversiegelten Umgebung gewährleistet (urbanvegetation 2009: 12-13).
 - Ein Baum mit 10 m² Kronendurchmesser transpiriert zwischen 160 bis 400 Liter am Tag und hat ca. 5000 Liter Wasserrückhalt (Sonnenerde o. J.: sbs-Stockholmer Baumpflanzsystem).
 - Auch der Umbau bestehender Baumscheiben in das Stockholmer-System ist möglich (vgl. urbanvegetation 2009: 22-30).

Dachwassernutzung:

- unterirdische Einleitung des Dachwassers in Baum-Rigole
- zwischengeschalteter Schacht sorgt für gleichmäßige Niederschlagsverteilung unter den Rigolen
- Notüberlauf zur Kanalisation
- durch Abdichtung in Grubensohle wird zusätzliches Speicherreservoir für ca. 1000 Liter Wasser generiert (BlueGreenStreets Teil A 2022: 112)



über Drosselschacht:

- die Einleitung des Straßenwassers in Baum-Rigole erfolgt über Drainage-Rohre
- in zwischengeschaltetem Drosselschacht setzen sich Grobstoffe ab
- Ein Notüberlauf führt zur Kanalisation
- die Grubensohle ist abgedichtet, um Wasser für den Baum anstauen zu können (Ebd.: 115)

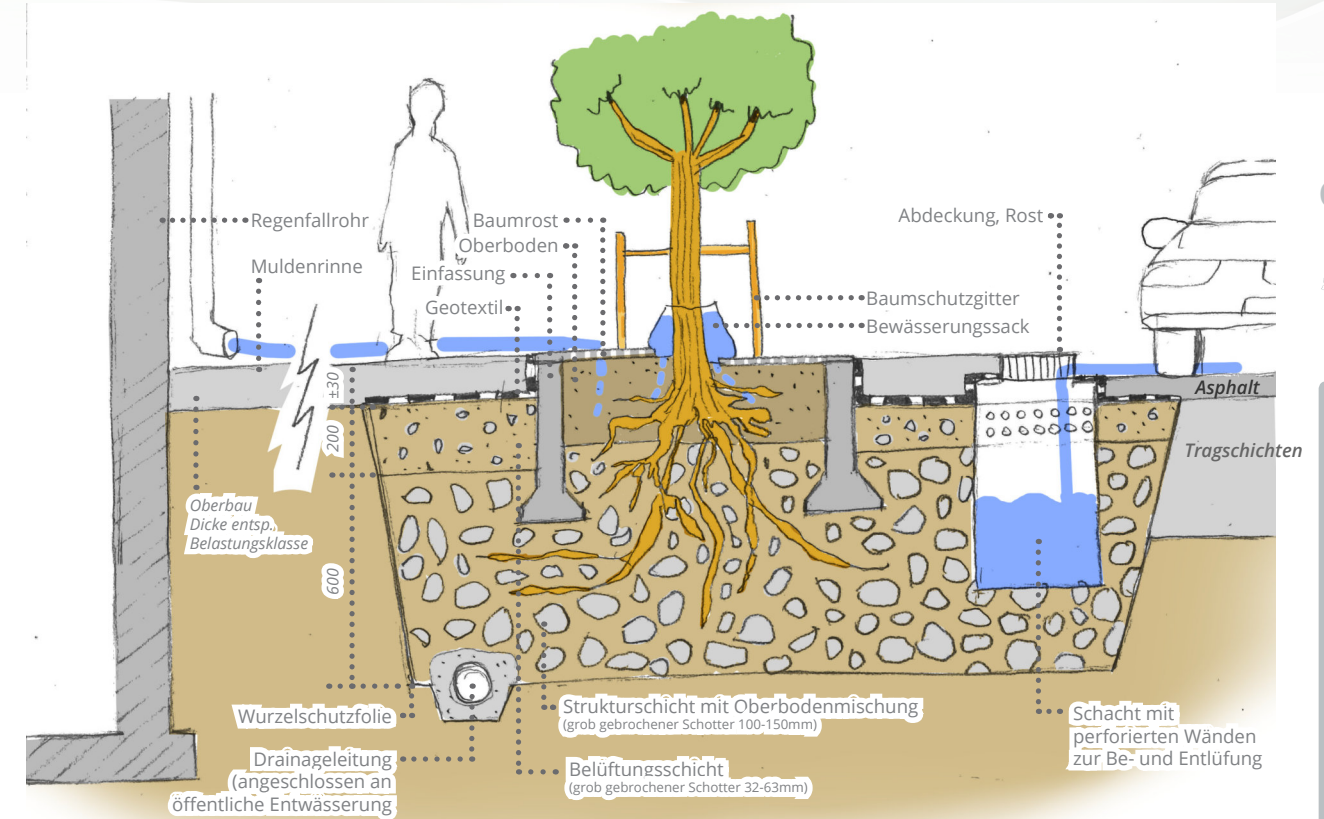
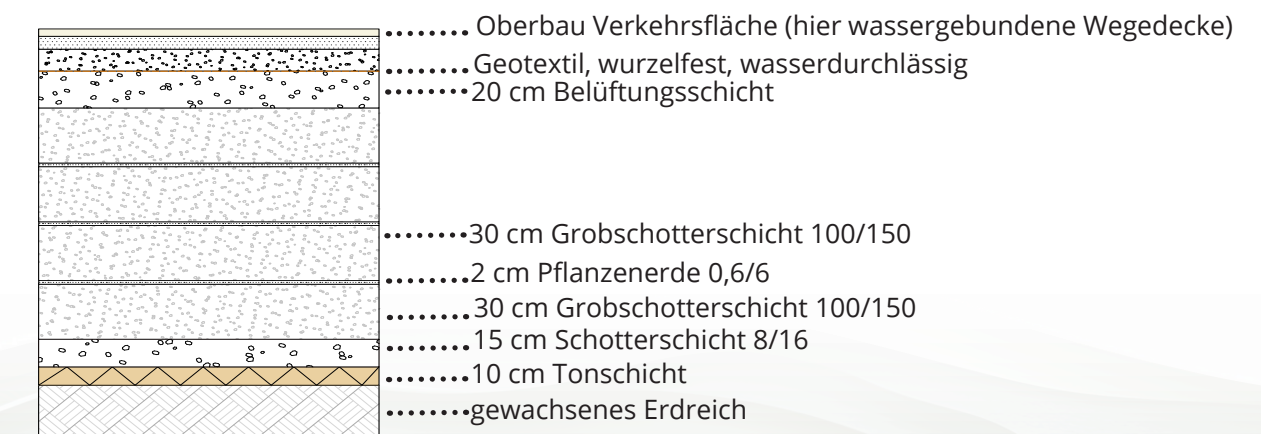


Abb. 45: schematische Darstellung des Aufbaus einer Baum-Rigole nach Stockholmer System (TUD 2025 nach Biber; Dickhaut; Kruse 2019: Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten).

weiterentwickeltes Stockholmer System:

modifizierter Schichtaufbau in der Pflanzgrube:

- 10 cm Tonschicht werden als Grubensohle verlegt und an den Grubenseiten um jeweils ca. 10 cm hochgezogen; das dient als Wanne für erhöhte Wasserspeicherung
- darüber liegen 15 cm Schotterschicht 8/16
- über Schotterschicht liegen 30 cm Grobschotterschicht 100/150
- abschließend kommen 2 cm Pflanzenerde 0,6/6; Zur Verknüpfung der Schichten wird das Gemisch mit hohem Wasserdruck unterspült bis Zwischenräume des Grobschotters gut gefüllt sind, wobei Splitter des Grobschotters noch zu sehen sein sollen
- abwechselnder Schichtaufbau aus Schotter, Grobschotter, Pflanzenerde wird wiederholt
- auf die oberste Grobschotterschicht kommen 20 cm Belüftungsschicht 32/63 und darüber ein wurzelfestes wasserdurchlässiges Geotextil, um ein Vermischen der Baum-Rigolensubstrate mit denen des Oberbaus umgebender Verkehrsflächen zu verhindern; das Geotextil wird an den Rigolenseiten jeweils 10 cm unter Frostschutzschicht des jeweiligen Oberbaus gezogen
- in der Grube für den Wurzelballen selbst wird FLL-zertifiziertes Baums substrat verwendet (vgl.: urbanvegetation 2009: 41-46)



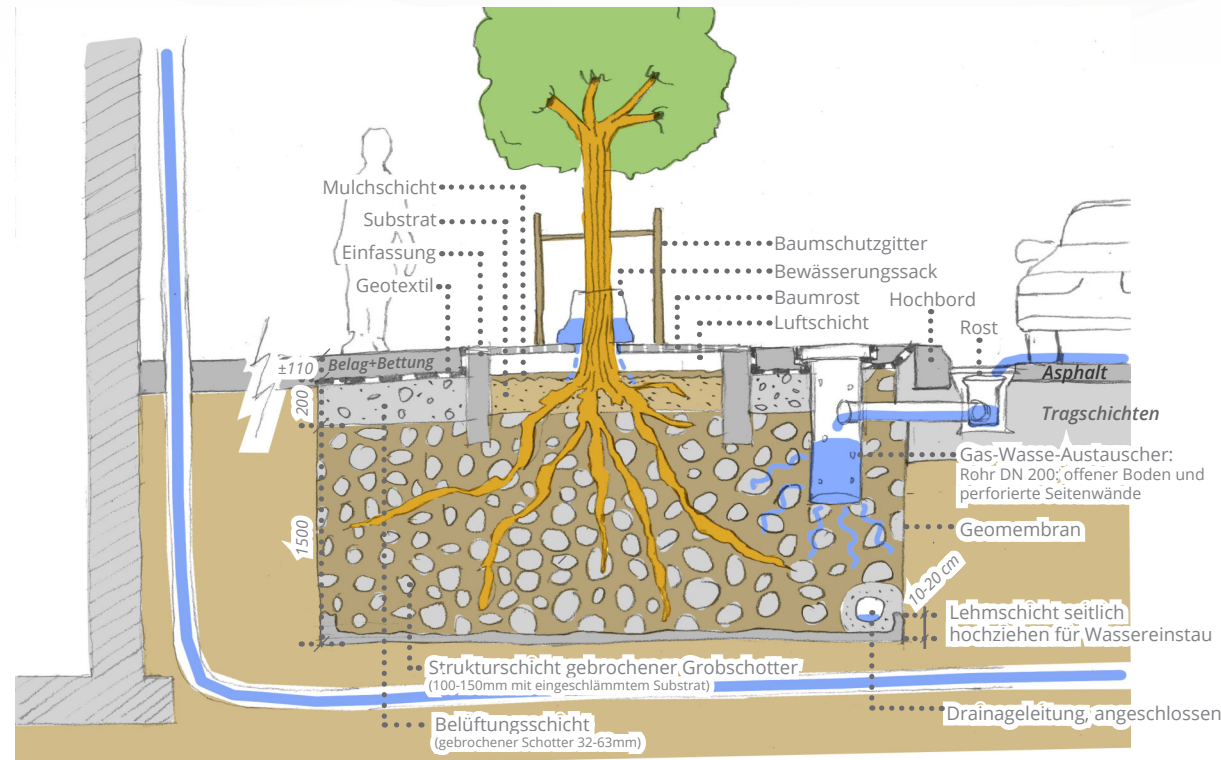


Abb. 47: schematische Darstellung des Aufbaus einer Baum-Rigole nach weiterentwickeltem Stockholmer System (TUD 2025 nach Biber; Dickhaut; Kruse 2019: Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten).

- Neben dem Stockholmer Baum-Rigolensystem haben Städte wie New York, Melbourne und Toronto ihre eigenen Systeme zur Baumpflanzung entwickelt und können ggf. ebenfalls als Referenz dienen (vgl.: Biber; Dickhaut; Kruse 2019: Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten).

Exkurs Wurzelgraben

- Werden Bäume, die bspw. als Reihenzpflanzung angelegt wurden, z.B. im Rahmen von Baum-Rigolen durch ausreichend große Wurzelgräben miteinander verbunden, wird ihr Wurzelraum vergrößert.
- So wird durch eine nochmals verbesserte Nährstoff- und Wasserversorgung die Baumvitalität und Klimawirksamkeit gesteigert (Dickhaut; Eschenbach 2019: 46).
- Die Wurzelgräben sollten mind. 1,5 m breit und 0,6 m tief sein und mit einem mineralischen Schottergemisch 5/32 aufgefüllt werden, die Oberfläche vorzugsweise begrünt werden (Grohmann, Lutz: mündliche Auskunft vom 14.06.2024).



Abb. 46: eine durch Wurzelgräben verbundene Baumreihe auf einem Grünstreifen im Straßenraum (TU Dresden 2025).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär kommt es zur Steigerung der redundanten Vielfalt und der Elastizität des Siedlungswasserhaushalts, da die Rigolensysteme einen zusätzlichen Versickerungsraum darstellen (Vielfalt), der viel Regenwasser aufnehmen kann (Redundanz). Je mehr solcher Anlagen vorhanden sind, desto besser kann das Regenwasser verteilt werden, wodurch ein Planungsgebiet wie ein Schwamm fungieren kann (Elastizität) und im Sinne des Trenn- bzw. modifizierten Mischsystems auch die Robustheit gesteigert wird. Durch die Entkopplung von Regenwasser wird zudem die Resilienz gegenüber Starkregen vergrößert, da im Siedlungskontext weniger Wasser oberflächlich abfließt. Auch die Abwasserinfrastruktur wird entlastet und die Hochwasserentstehung minimiert. Sekundär haben auch die Rigolensysteme einen gewissen positiven Einfluss auf Versickerung und lokale Grundwasserneubildung, was sich wieder positiv auf die Robustheit der Trinkwasserressource auswirkt und die landschaftliche Sensitivität gegenüber Trockenheit senkt, da u. a. bei den begrünten Systemen durch die Verdunstung ein Beitrag zu einem intakten Wasserkreislauf geleistet wird und sie das Kleinklima verbessern.

Umbau der Kanalisation

Wirkungen des Umbaus der Kanalisation:



- Die spezifischen Vor- und Nachteile von Mischkanalisation und Trennkanalisation sind in der Risikoanalyse für die Aktionsräume Partheland und Schleenhain unter Punkt 4.6. „Abwasserentsorgung“ ausführlich enthalten (vgl. Grüning und Pecher 2021). Eine voranschreitende Trennung oder gar komplette Entkopplung von Niederschlagswasser und Schmutzwasser führt aber besonders langfristig zu einem besseren Zustand lokaler Stand- und Fließgewässer, geringerem Risiko bei lokalem Starkregen und Hochwasser sowie einer mengenmäßigen Verbesserung des Grundwassers und höheren Verdunstungsraten für ein besseres Lokalklima.



Förderprogramme:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „Förderrichtlinie Siedlungswasserwirtschaft“ für alte Abwassersysteme vor 1993 bei 50% Förderung ab einer Mindestsumme von 25.000 € (vgl. FRL Siedlungswasserwirtschaft SWW/2016, Stand 2025: Paragraph 2, Abs. 2.3).



gesetzlicher Rahmen:

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG), hier besonders § 55. Dort steht zum Beispiel in Absatz (2): „Niederschlagswasser soll ortsnahe versickert, verrieselt oder direkt oder über eine Kanalisation ohne Vermischung mit Schmutzwasser in ein Gewässer eingeleitet werden, soweit dem weder wasserrechtliche noch sonstige öffentlich-rechtliche Vorschriften noch wasserwirtschaftliche Belange entgegenstehen.“

Tool K1: Umbau des Mischsystems in modifiziertes Mischsystem

- Trockenwetterabfluss (Schmutz- und Fremdwasser) und stark verschmutztes Regenwasser werden in einem Kanal gesammelt und für die Reinigung zur Kläranlage transportiert.
- Wenig verschmutztes Oberflächenwasser wird aber direkt in Gewässer geleitet oder versickert.
- Es ist keine komplette Umstellung des Kanalsystems notwendig.

Tool K2: Umbau des Mischsystems in Trennsystem

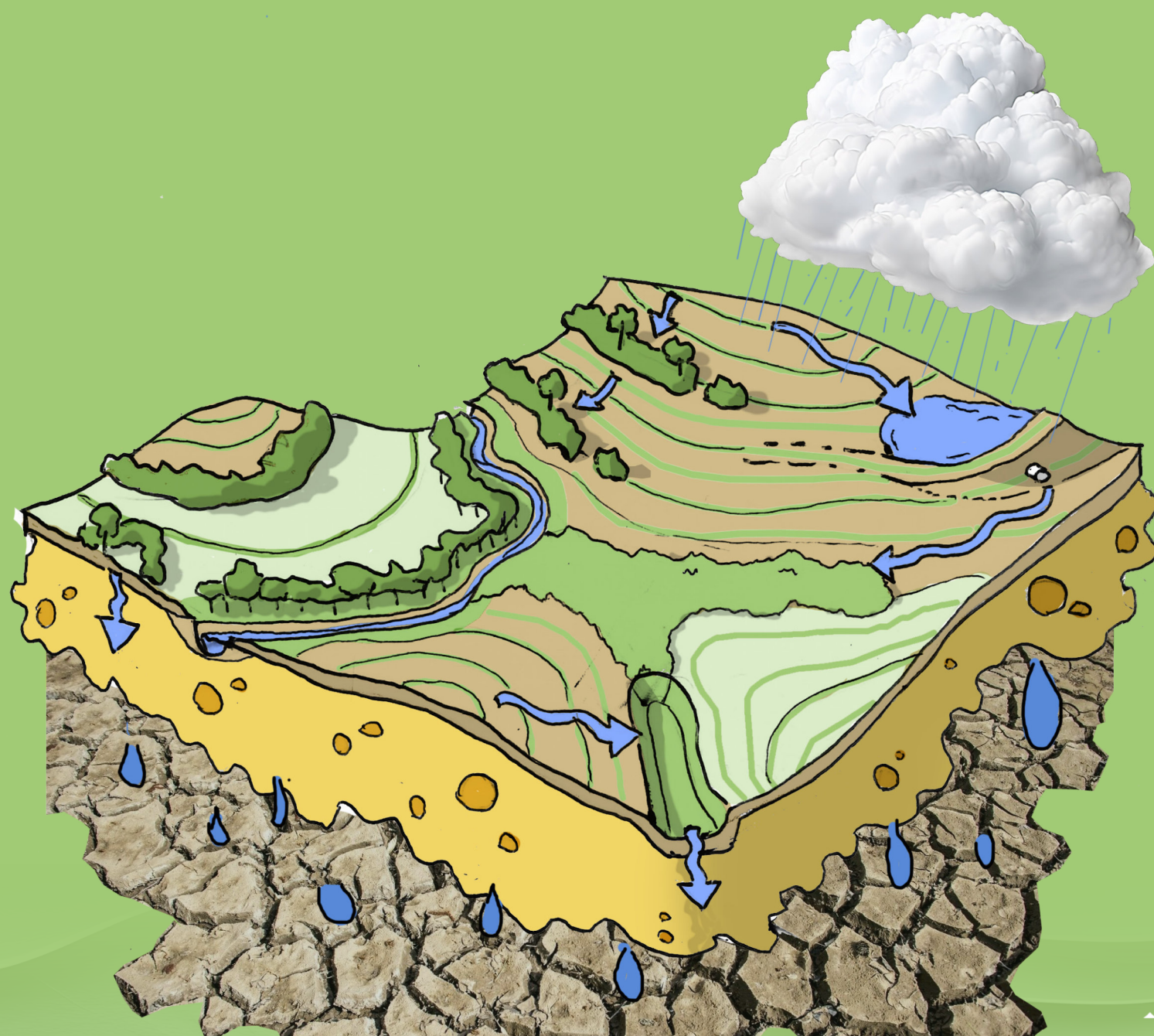
- Kanäle für Schmutz- und Regenwasser sind getrennt. Die Ableitung des Regenwassers erfolgt in die Vorfluter. Da das Schmutzwasser getrennt zur Kläranlage geführt wird, läuft im Starkregenfall kein verdünntes, aber stofflich teils noch belastetes Wasser am Regenüberlauf in Gewässer ab.
- Bei der Regenwassereinleitung in die Vorfluter gibt es ggf. die Zwischenschaltung von Absetz- oder Klärbecken, falls Gefahr der stofflichen Überbelastung des Oberflächenwassers besteht.

Tool K2: Umbau des Mischsystems in modifiziertes Trennsystem

- Es gibt getrennte Kanäle für Schmutz- und Regenwasser.
- Der gesamte Oberflächenabfluss und ein Großteil des Regenwassers wird Speicher- oder Versickerungsanlagen zugeführt und ggf. über sie gedrosselt an die Gewässer abgegeben.
- Das bietet größtmögliche Effizienz und Spannweite im nachhaltigen Siedlungswassermanagement.

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Primär kommt es zur Steigerung der redundanten Vielfalt und der Elastizität des Siedlungswasserhaushalts, da das modifizierte Mischsystem bzw. die Varianten des Trennsystems das Regenwasser auch dezentral versickern können (Vielfalt) und gleichzeitig mehr Regenwasser dafür zur Verfügung steht (Redundanz). Je mehr Regenwasser vom Mischsystem entkoppelt wird, desto besser kann es verteilt werden, wodurch ein Planungsgebiet wie ein Schwamm fungieren kann (Elastizität) und so auch die Robustheit gesteigert wird. Durch die Entkopplung von Regenwasser wird zudem die Resilienz gegenüber Starkregen vergrößert, da im Siedlungskontext weniger Wasser oberflächlich abfließt. Auch die Abwasserinfrastruktur wird entlastet und die Hochwasserentstehung minimiert. Sekundär haben auch die Rigolensysteme einen gewissen positiven Einfluss auf Versickerung und lokale Grundwasserneubildung, was sich wieder positiv auf die Robustheit der Trinkwasserressource auswirkt und die landschaftliche Sensitivität gegenüber Trockenheit senkt, da u. a. bei den begrünten Systemen durch die Verdunstung ein Beitrag zu einem intakten Wasserkreislauf geleistet wird und sie das Kleinklima verbessern.



Offenland

Retentionssteigernde und erosionsmindernde Anbaumethoden	52
Tool L1: Mulchsaat	54
Tool L2: Direktsaat.....	55
Tool L3: Strip Till - Streifensaart	57
Tool L4: Agroforst (AFS).....	58
Retentionssteigernde und abflusshemmende Strukturelemente	60
Tool M1: bewirtschaftungsintegrierte Verwallungen.....	61
Tool M2: Anlage von Hecken zur Schlagunterteilung	63
Tool M3: Dauerbegrünung der erosiven Abflussbahnen	65
Nutzungsanpassung von vernässungsgefährdetem Offenland	67
Tool N1: Extensivierung der Nutzung vernässungsgefährdeter Wiesen.....	67
Tool N2: Umwandlung vernässungsgefährdeter Ackerflächen	67
Entwicklung von naturnahen Gewässerstrukturen	68
Tool O1: Revitalisierung der Gewässersohlenstruktur	70
Tool O2: Revitalisierung der Ufer(-Böschung)struktur.....	71
Tool O3: Revitalisierung bzw. Optimierung des Gewässerrandstreifens.....	75
Tool O4: Um- oder Rückbau von wasserabführenden Drainagen auf bestandsfeuchten Acker- und Grünlandstandorten.....	79

Retentionssteigernde und erosionsmindernde Anbaumethoden

Exkurs Probleme der konventionellen Bodenbearbeitung:

- Die Bearbeitung mit Pflug tötet Regenwürmer, zerstört die Kapillar- und Aggregatstruktur des Bodens (FiBL 2014; 2).
- Es kommt zur Steigerung des CO²-Ausstoßes bei gleichzeitigem Humusabbau da durch Kontakt der Pflanzenreste mit Sauerstoff im Boden die Mineralisation beschleunigt wird (isip o. J.: 2).
- Der vollständig unbedeckte Boden nach Pflugeinsatz ist stark anfällig für Wettereinflüsse. Es kommt zu Austrocknung, Erosion, Verschlammung, schnellem Oberflächenabfluss, Hochwasser, Bodenverlust und Ernteaussfällen (FiBL 2014; 2).

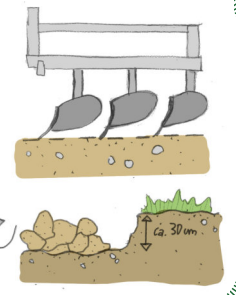
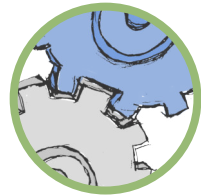


Abb. 48: Konventionelle Pflugbearbeitung (TUD 2025 nach LfULG 2016: 7)



Wirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung:

- Der Erhalt der Bodenstruktur ist die wirkungsvollste Maßnahme gegen

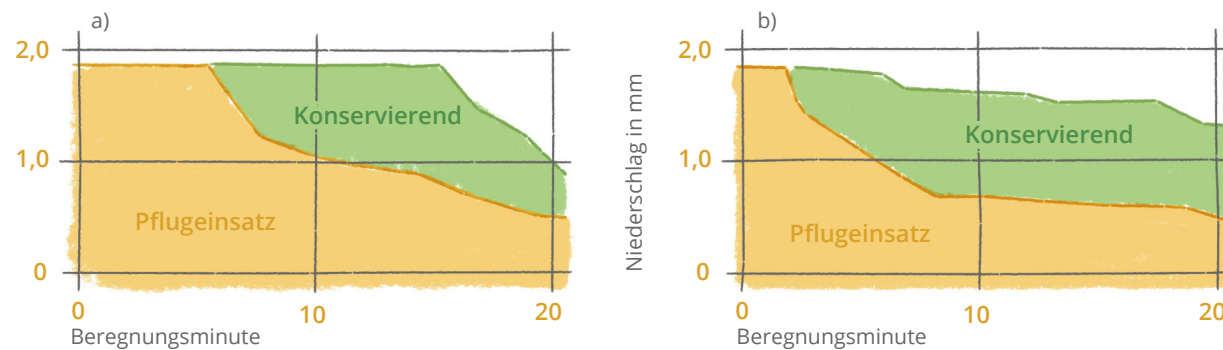
Wassererosion, Verschlammung und hohe Verdunstungsraten. Durch hohe Aktivität von (Makro-)Poren bildendem Edaphon kommt es zu stark erhöhter Niederschlagsinfiltration und damit einer Erosionsminderung bis zu 90% (LfULG 2016: 2, 5; DWA-M 550 2015: 34).

- Die Verringerung der Hochwassergefahr wird durch gesteigerten Wasserrückhalt in der Fläche und verzögerten Oberflächenabfluss

erreicht (Merta o. J.: konservierende Bodenbearbeitung). „Schon eine geringfügige Erhöhung der Wasserversickerung auf Ackerflächen kann erhebliche Auswirkungen auf die abfließende Wassermenge haben. Wird zum Beispiel in einem mittleren Flusseinzugsgebiet mit einer Größe von 200 km² und einem Ackerflächenanteil von 50% [...] die Versickerung bei einem starken Niederschlagsereignis auf der gesamten Ackerfläche im Durchschnitt um 10 mm erhöht, so ergibt dies eine Minderung des Oberflächenabflusses von 1.000.000 m³. Dies entspricht etwa dem Volumen eines großen Wasserrückhaltebeckens.“ (LfULG 2016: 8).

Regenwurmtätigkeit	Pflug	konservierend
Anzahl Regenwürmer je m ²	125	312
davon tief grabende Regenwürmer je m ²	4	36
Vertikale Makroporen je m ² (Durchmesser > 1mm): in 10 cm Bodentiefe	246	493
in 30 cm Bodentiefe	317	864

Abb. 49: Die Regenwurmtätigkeit steigt mit konservierender Bodenbearbeitung und positive Auswirkungen auf die gesamte Bodenstruktur (LfULG 2016: 6).



Wasseraufnahme von Ackerböden bei einer Regensimulation (Intensität: 1,9 mm je min, Dauer 20 min), a) Lössboden, b) Verwitterungsboden, grün: zusätzliche Infiltrationskapazität durch konservierende Bodenbearbeitung

Abb. 50: Auf konservierend bearbeiteten Flächen beginnt der Oberflächenabfluss später während die Infiltrationsrate auch bei länger andauernden Regenereignissen auf einem höheren Niveau verbleibt (LfULG 2016: 6).

- Zwar fallen in der Regel in der Umstellungszeit von konventioneller zu konservierender Bodenbearbeitung Ertragseinbußen von 10% an, aber ab etwa dem vierten Jahr steigen



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen – FRL AUK/2023, AL 1 Gewässer- und bodenschonende Begrünung von Ackerflächen“ (Fördersatz zwischen 299 €/ha) (vgl. SMEKUL o. J.: Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen 2023).



rechtlicher Rahmen:

- Laut Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) ist die gute fachliche Praxis (GfP) der landwirtschaftlichen Bodennutzung anzuwenden. Diese umfasst Erhalt und Verbesserung der Bodenstruktur, Vermeidung von Bodenverdichtung und Erosion sowie Erhalt und Förderung der biologischen Bodenaktivität und des Humusgehaltes durch reduzierte Bearbeitungsintensität (vgl. BBodSchG 2021: Paragraph 17, Abs. 2).
- Die Verordnung (EU) Nr. 2021/2115 nennt „Grundanforderungen an die Betriebsführung

- Erträge im langjährigen Mittel um ca. 11% (FiBL 2014; 5).
- Der Stoffeintrag in angrenzendes Grünland und Oberflächengewässer wird reduziert.

Bundesförderprogramm:

- „Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes – GAK“ (vgl. BMEL o. J.: Förderbereich 4. Markt- und standortangepasste sowie umweltgerechte Landbewirtschaftung einschließlich Vertragsnaturschutz und Landschaftspflege: 16, 21).

- (GAB)“ und damit Regelungen zum Erhalt von Agrarflächen in gutem ökologischen und landwirtschaftlichen Zustand (GLÖZ) (siehe UBA 2024: Bodenbearbeitung).
- Vor allem die Regelungen GLÖZ 5 „Begrenzung von Erosion“, GLÖZ 6 „Mindestbodenbedeckung in sensiblen Zeiten“ und GLÖZ 7 „Fruchtwechsel auf Ackerland“ sind für den Wasserrückhalt und die Minderung des Hochwasserrisikos zu nennen (vgl. MLR o. J.: Erweiterte Konditionalität).

Richtlinien und Leitfäden:

- DWA-M 550 „Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung“.

Tool L1: Mulchsaat

- Bei der Mulchsaat handelt es sich um ein pflugloses Saatverfahren.
- Die Ernteste der Vorfrucht verbleiben als Mulchmaterial auf der Ackeroberfläche und bedecken diese zu mindestens 30%. Dort ist es Nahrung für Regenwürmer und andere zersetzende Organismen und führt zu einer Aktivitätssteigerung. Das erklärt sich durch eine Häufung von Regenwurmgängen. Sie bilden Makro-Poren im Bodengefüge und steigern die Infiltrationsfähigkeit des Bodens. Zugleich bildet das Mulchmaterial eine Barriere gegen die Aufschlagkraft von Regentropfen, was wiederum Verschlammung und Erosion verhindert.
- Das Mulchmaterial speichert zudem Feuchtigkeit und verringert Verdunstung. Somit trägt es zur Reduzierung der Austrocknungsgefahr der Ackerböden bei.
- Die Einsaat der Hauptfrucht findet unter dem Mulchmaterial der Vorfrucht statt (*isip o. J.: 2*).
- Die Bodenbearbeitung erfolgt dabei nach Bedarf tief- bis flachgründig durch nicht-wendende Geräte (z.B. Grubber oder Scheibenegge) (*agrarheute 2016: 9 Fakten zur Mulchsaat*).

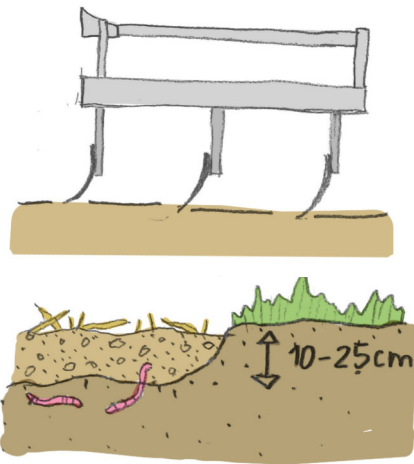


Abb. 51: schematische Schnittdarstellung des Mulchsaatverfahrens (TUD nach LfULG 2016: 7).

Mulchsaatverfahren mit Tiefenlockerung:

- Anwendung auf verdichteten oder zu Verdichtung neigenden Böden
- Bodenlockerung mittels Grubber in 10 bis 25 cm Tiefe
- flache Saatbettbereitung (*Ebd.*)

Mulchsaatverfahren mit flachgründiger Bodenbearbeitung:

- Einsaat in gemulchte Oberbodenschicht (in 5 bis 10 cm Tiefe) mittels Scheibenegge
- entweder mit Saatbettbereitung vor oder während Aussaat auf sich langsam erwärmenden oder schlechter trocknenden Böden
- auf besonders erosionsanfälligen Flächen ohne Saatbettbereitung (*Ebd.*)



Mulchsaat. Die Rückstände der Vorfrucht verbleiben nach Pflügen auf dem Feld. (Volker Prasuhn, CC BY-SA 3.0)

Tool L2: Direktsaat

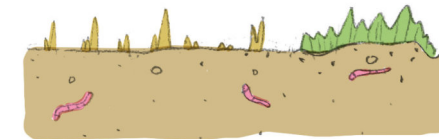
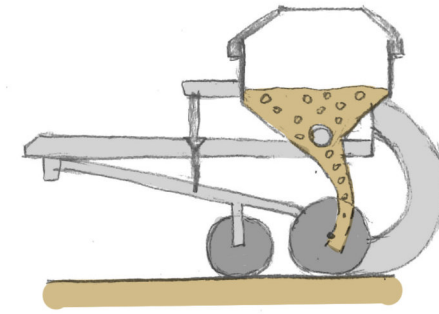


Abb. 52: schematische Schnittdarstellung des Mulchsaatverfahrens (TUD nach LfULG 2016: 7).

- Die Direktsaat ist ein pflugloses Saatverfahren gänzlich ohne Bodenbearbeitung, welches zu einer dichten Mulchbedeckung von bis zu 70% der Oberbodenfläche führt (*DWA-M 550 2015: 26*).
- Die Direktsaatmaschinen eröffnen nur kleine Sächslitze, in welche das Saatgut zwischen die Stoppeln der Vorfrucht eingebracht wird. So werden nur max. 50% der Bodenoberfläche bewegt (*Deumelandt et al. 2014: 28*).
- Zwischen der Ernte von Hauptfrucht und der Wiederbestellung findet keine Bodenbearbeitung statt (*pfluglos o. J.: Direktsaat*). Positive Auswirkungen der konservierenden Bodenbearbeitung werden noch einmal maximiert (*LfULG 2016: 8*).
- Besonders geeignet ist diese Methode für den Anbau von Winterraps und Winterweizen (*agrarheute 2021: Direktsaat. Das sind die Vor- und Nachteile*).
- Zusätzlich können Kosten durch reduzierte Arbeitszeit und geringeren Kraftstoffverbrauch gespart werden, da eine aufwendige Bodenbearbeitung wegfällt (*pfluglos o. J.: Direktsaat*).

- Der Grundwasserschutz ist besonders hoch durch eine bis zu 100%-ige Reduzierung von Schad- und Nährstoffausträgen (*LUH 2007: 276*). Da der Boden unbearbeitet bleibt, bleibt auch Kohlenstoff in ihm gebunden. Dadurch können vier Hektar unter Direktsaat bestellter Ackerfläche die jährlichen Kohlenstoffemissionen eines EU-Bürgers kompensieren (*Strotmann 2017: Mit Bodenbearbeitung CO2 einsparen*).



Abb. 53: Direktsaat ohne Pflug, mit Direktsaatmaschine (Artix Kreiger, CC BY-SA 2.0).

Nachteile der konservierenden Bodenbearbeitung:

- Schwierig ist die Unkraut- und Ausfallbekämpfung, da Beikräuter nicht untergepflügt werden. Als Regulation werden zumeist (Total-)Herbizide eingesetzt. Abhilfe schaffen z.B. gentechnisch modifiziertes (konkurrenzstarkes) Saatgut, Fruchtfolgediversifizierung und Zwischenfrüchte.
- Die langsamere Bodenerwärmung im Frühjahr führt zu einer späteren Keimung.
- Ein langsames Abtrocknen des Mulches kann zu Pilzbefall der Frucht führen.
- Es fallen Investitionskosten für entsprechende Maschinen an.
- Schnecken- und Mäusefraß begünstigt Ernteaufälle bei diesen Verfahren (*pfluglos o. J.: Direktsaat*).

Exkurs: Zwischen- und Untersaaten als ökologische Alternativen zum Herbizideinsatz in der konservierenden Landwirtschaft

- Ziel ist eine permanente Bodenbedeckung durch Zwischenfruchtanbau. Sie wirkt ähnlich unkrautunterdrückend wie Herbizideinsatz, fördert dabei gleichzeitig Nützlinge, die wiederum Schädlinge bekämpfen (LUH 2007: 276).

Winterzwischenfrüchte

- werden nach der Haupternte gesät
- sind winterhart und werden erst im nächsten Frühjahr geerntet
- durch Winterfeuchtigkeit entwickeln sich Bestände meist sehr gut, dadurch geringes Anbaurisiko (Meier 2022: *Mit Zwischenfrüchten die N-Versorgung verbessern*)
- geeignete Arten sind z.B. Roggen oder Italienisches Raygras (BLE 2021: *Zwischenfrüchte, Anbaugrundsätze, Mischungsbeispiele*)

Untersaaten

- Untersaaten sind eine weitere Alternative zum Herbizideinsatz.
- Sie werden etwas eher als die Hauptfrucht eingesät, bedecken den Boden daher früh und wachsen zwischen der Hauptfrucht auf.
- Bewirkt eine Reduzierung der Oberbodenverdunstung. Gleichzeitig werden Oberboden und Hauptfrucht vor Wettereinflüssen geschützt.
- Leguminosen als Untersaat können z.B. den Stickstoffhaushalt im Boden verbessern und zur Gründüngung verwendet werden, stellen so folglich eine wichtige Alternative zu Mist und Gülle dar was wieder positiv auf den Grundwasserschutz wirkt (Meier 2022: *Mit Zwischenfrüchten die N-Versorgung verbessern*).
- Geeignete Arten richten sich nach der Hauptkultur, sind aber oft niedrig wachsende Kleearten (BLE 2023).
- Strohmanagementmaßnahmen (z.B. feines Zerkleinern) beschleunigen den Abbau von Stroh inklusive der darin befindlichen Krankheiterreger (pfluglos o. J.: *Direktsaat*).
- Durch Zwischen- und Untersaaten können bis zu drei Tonnen CO₂ pro Jahr und Hektar gespeichert werden (Eulitz 2021: *Klimaschutz durch Verzicht aufs Pflügen*).
- Würde konservierende Bodenbearbeitung in ganz Europa umgesetzt, käme die Senkung des Kohlenstoffausstoßes der Schließung von 50 Kohlekraftwerken gleich (Strotmann 2017: *Mit Bodenbearbeitung CO₂ einsparen*).

Beispiele Fördermöglichkeiten:

- Landesförderprogramm Sachsen: „Förderrichtlinie Umweltgerechte Produktionsverfahren des Ackerfutter- und Leguminosenanbaus – FRL AUK/2023, AL 3“ (Fördersatz zwischen 139–199 €/ha (vgl. SMEKUL o. J.: *Förderrichtlinie Umweltgerechte Produktionsverfahren des Ackerfutter- und Leguminosenanbaus [FRL AUK/2023]*)).



Abb. 54: Kleeuntersaat hält Beikräuter zurück und reichert Stickstoff im Boden an (Heidi Riets, CC BY-SA 2.0).

Sommerzwischenfrüchte

- werden nach der Haupternte gesät
- Hauptwachstumszeit: Spätsommer bis Herbst
- Sommerfrüchte sind nicht winterhart und werden vor Wintereinbruch geerntet
- schnellwüchsige Sommerzwischenfrüchte sind besonders gut geeignet; sie entziehen den Beikräutern rasch Licht und Raum und führen somit zur Unterdrückung (Ökolandbau 2022: *Vorbeugende Maßnahmen zur Unkrautregulierung*)
- geeignete Arten sind z.B.: Persischer Klee, Futterwicke und Erbsen (BLE 2021: *Zwischenfrüchte, Anbaugrundsätze, Mischungsbeispiele*)



Abb. 55: Zwischenfruchtanbau mit Tagetes im Gemüsebau (Airelle, CC BY-SA 3.0).

Tool L3: Strip Till - Streifensaat

- Streifensaat ist eine Kombination von Mulch- und Direktsaat.
- Der Boden wird dabei nur streifenweise bearbeitet. Angewendet wird das hauptsächlich bei Reihenfrüchten, z.B. Mais, Zuckerrüben und Raps, denn der Streifenabstand ist auf Reihenkulturen abgestimmt (agrarheute 2015: *Streifen säen. 9 Fakten zu Strip Till*).
- Die jeweils gelockerten Streifen erwärmen und trocknen schneller ab, was zu stärkerer Bodenbelüftung und besserem Wurzelwachstum führt. Das ist vorteilhaft für die Keimung.
- Der Boden zwischen den gelockerten Streifen bleibt unbearbeitet (Lorenz, Auferkamp 2018: 5).
- Die bodenverbessernden und bodenschützenden Wirkungen sind ähnlich wie bei Mulchsaat.
- Ebenso kommt es zu Kosten- und Treibstoffersparnis durch reduzierte Bodenbearbeitung (agrarheute 2015: *Streifen säen. 9 Fakten zu Strip Till*).

klassisches Verfahren

- im klassischen Verfahren finden keine weiteren Bearbeitungsschritte vor und nach der Streifenbearbeitung statt (Ebd.)



Abb. 56: Streifensaat (Alan Manson, CC BY-SA 4.0).

intensives Verfahren

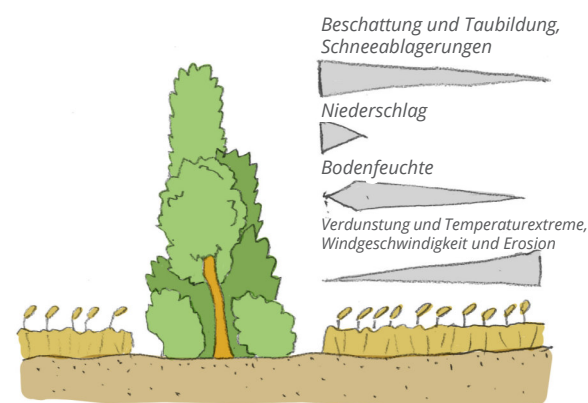
- beim intensiven Verfahren wird die Grundbodenbearbeitung streifenweise durchgeführt
- die Streifenbearbeitung im Herbst wird mit ca. 20 cm Breite und Tiefe durchgeführt
- die zweite flachere Lockerung der im Herbst bearbeiteten Streifen findet im nächsten Frühjahr kurz vor der Saat statt (Ebd.)



Abb. 57: aufkeimende, in Streifensaat gesäte Feldfrucht (Colette Kessler, CC BY-SA 2.0).

Tool L4: Agroforstsysteme (AFS)

- Agroforstsysteme sind diversifizierte Landnutzungs- bzw. Ackerbauformen mit vielen Vorteilen für die Landwirte.
- Am wirksamsten zur Erhöhung landschaftlicher Resilienz sind sie auf ausgeräumten, strukturarmen und stark klimatischen Einflüssen ausgesetzten Landschaftsbereichen.
- Dabei bieten sie effektiven Schutz vor Wind- und Wassererosion durch Ausrichtung an der Schlagtopografie, Ausgleichung von Temperaturextremen, Erhöhung der Retention und Wasserverfügbarkeit mittels Bodenstrukturverbesserung. Zudem wird durch die Schaffung von Rückzugsräumen etwas für die Biotopvernetzung getan.
- Zudem kommt es zu einer Erweiterung der Produktpalette des Landwirtes durch Nutzung der Gehölze als Energie- und Werthölzer (Böhm; Hüber 2020: 12–16). Dadurch kommt es zur Speicherung von CO² in der Holzmasse und den Wurzeln. Die Verrottung der Streu geeigneter Laubbäume sorgt für den Humusaufbau (Zehlius-Eckert; Tsonkova; Böhm 2020: 11–12).
- Positiv wirken AFS auch auf den Schutz der Oberflächengewässer und des Grundwassers vor Stoffeinträgen, denn sie bewirken die Reduzierung des Stickstoffeintrages um bis zu 75% und des Nitratgehaltes im Grundwasser. Zum Beispiel ist unter AFS mit Pappelpflanzungen der Nitratgehalt im Grundwasser bis zu 120-mal geringer als unter Ackerkulturen ohne AFS (Algermißen 2021: 6).



- Restriktionsgebiete für die Etablierung von Agroforstsystemen: Naturschutzgebiete, Biosphärenreservate, Naturparke, sonstige geschützte Biotope wie Magerrasenbestände und Feuchtwiesen, Bereiche mit nachgewiesenen Beständen von Wiesenbrütern (Unsel et al. 2011: 25).

Abb. 58: links – Schutzeffekte von Gehölzpflanzungen auf Ackerflächen (TUD 2025 nach Unsel et al. 2011: 21).



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:
„Förderrichtlinie Landwirtschaft, Investition, Existenzgründung

– FRL LIE/2023“ (vgl. *Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft zur Förderung landwirtschaftlicher Investitionen und Existenzgründungen 2023: 4–7*).



Rechtlicher Rahmen:

- „Verordnung zur Durchführung der GAP-Direktzahlungen (GAP-Direktzahlungen-Verordnung - GAPDVZ)“, besonders §4
- „Gesetz zur Durchführung

der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik finanzierten Direktzahlungen (GAP-Direktzahlungen-Gesetz - GAPDZG)“, besonders §20

- **Voraussetzungen:** Ein Agroforstsystem liegt vor, wenn a) auf vorrangiger Fläche der Nahrungsmittelproduktion oder der Rohstoffgewinnung Gehölzpflanzen in mind. zwei Streifen max. 40% der Landwirtschaftsfläche einnehmen oder, wenn b) verstreut über die Fläche mind. 50 und max. 200 Gehölze pro Hektar angepflanzt sind (vgl. LfULG 2022: 12, 15).

Richtlinien und Leitfäden:

- Unsel et al. 2011 : Leitfaden Agroforstsysteme. Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen
- Böhm; Hübner 2020: Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen. Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland
- Zehlius-Eckert; Tsonkova; Böhm 2020: Umweltleistungen von Agroforst-Systemen
- Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF e. V.) übernimmt Beratung, Planung und Hilfe bei der Umsetzung von AFS-Neuanlagen

a.) silvoarables System

Dieses System kombiniert Ackerfruchtanbau mit Gehölznutzung in zwei Subvarianten:

Energieholzsystem

- Die Baumreihen bestehen aus parallelen dreireihigen, max. fünf Meter breiten Gruppen
- Abstand der Dreierreihen: max. 100 m
- Ernte der Gehölze nach sechs bis zehn Jahren
- Regeneration der Gehölze durch Stockausschlag
- Nutzung der Gehölze für max. 30 Jahre
- Ackerbau findet auf Feldstreifen zwischen den Reihen statt
- geeignete Gehölze: z.B. Balsampappel, Weide oder Ahorn
- Erzeugung von Industrie und Energieholz (Unsel et al. 2011: 6–7)
- Bindung von 400–500 kg CO² pro Jahr, nach Verarbeitung zu z.B. Spanplatten verbleiben davon 25% mittelfristig im Produkt, 75% werden durch Verbrennung sofort freigesetzt (Ebd. 17–18)



Abb. 59: silvoarables AFS im Energieholzsystem mit Pappeln (DeFAF, © Christian Böhm).

- Eine Kombination beider Systeme bietet sich an zur Erhöhung der Strukturiertvielfalt, Erweiterung der Produktpalette und Reduzierung von Schädlingsbefall (Unsel et al. 2011: 30).

b.) silvopastorales System

- Dieses System ist eine Kombination von Energie- und/oder Wertholzsystem mit Nutztierhaltung.
- Es gibt Einzelgehölze oder Gehölzgruppen unter denen Nutztierhaltung stattfindet (meist Schafe oder Hühner) (DeFAF 2024: *silvopastorale Systeme*).
- Einerseits wird das Tierwohl gesteigert, z.B. mittels Nahrungsergänzung durch Futterlaub, andererseits werden Erosion und Treibhausgasausstoß auf landwirtschaftlichen Flächen verringert (Plattform Ernährungswandel o. J.: *Silvopastorale Forstsysteme*).

Wertholzsystem

- Anpflanzung von Edellaubhölzern (Elsbeere, Nussbäume, Kirsche) einreihig oder im Verband mit 15 m Breite
- Abstand zwischen den Reihen 24 bis 48 m
- nur punktuelle Bestandsentnahmen
- 50–70 Jahre Umtriebszeit (Unsel et al. 2011: 9)
- Bindung von 200–300kg CO²/Jahr, nach Verarbeitung ca. 15% in langlebigen Produkten gespeichert (Unsel et al. 2011: 17–18)



Abb. 60: silvoarables AFS im Wertholzsystem mit Walnussbäumen (DeFAF, © Tobias Hoppe).

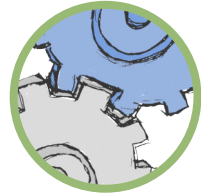


Abb. 61: Legehennen unter Energieholzstreifen in einem silvopastoralen System (DeFAF, © Philipp Westerwalbesloh).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Gesteigert wird in erster Linie die Resilienz des Landschaftswasserhaushaltes gegenüber Wetterextremen, da die Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung und die Agroforstsysteme für einen gesteigerten Wasserrückhalt in der Fläche sorgen und dadurch zum einen Ertragsausfällen durch Trockenheit entgegenwirken – zum anderen aber auch die Böden vor den Auswirkungen von Starkregen schützen und die Hochwasserentstehungsgefahr reduzieren. Durch den gesteigerten Wasserrückhalt kommt es auch zu einer erhöhten Versickerungsleistung, wodurch ein Beitrag zur Grundwasserneubildung geleistet wird. So wird die Robustheit dieser Trinkwasserressource gestärkt, was sich wiederum positiv auf die Sicherheit der Trinkwassergewinnung innerhalb der Kommune auswirkt (Dezentralität).

Retentionssteigernde und abflusshemmende Strukturelemente



Wirkungen von Offenland-Strukturelementen:

- günstige Wirkung auf Bodenerosion starkregenanfälliger Standorte:

Durch dauerhaften Bewuchs erosionsgefährdeter Abflussbahnen oder Unterteilung der erosiven Schlaglängen wird der Bodenabtrag verhindert und einem Sediment- und Stoffeintrag in Fließgewässer vorgebeugt.

- günstige Wirkung auf Bodenfeuchtigkeit und Grundwasserneubildung: Durch Verzögerung und Verminderung des Abflusses auf den stark geneigten Ackerflächen, wird zusätzliches

Wasservolumen in der Fläche gehalten. Das Niederschlagswasser verbleibt im Oberboden, kann durch Bodenpassage versickern und einen Beitrag zur Grundwasserneubildung leisten. Bei bewirtschaftungsintegrierten Verwallungen und bei durch Hecken strukturierten Agrarlandschaften wird so auch die Austrocknungsgefährdung der Ackerböden reduziert.

- günstige Wirkung auf die dezentrale Hochwasservorsorge: Spitzenabflüsse durch Starkregen, die vermehrt auf den Ackerflächen versickern oder zurückgehalten werden, tragen nicht oder zumindest verzögert zum lokalen Hochwassergeschehen bei.



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- Da sich die Fördermöglichkeiten der folgenden Einzel-Tools stark unterscheiden, werden sie in der jeweiligen Tool-Beschreibung separat aufgeführt.



rechtlicher Rahmen:

- Laut Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) ist die gute fachliche Praxis (GfP) der landwirtschaftlichen Bodennutzung anzuwenden.

Darunter fallen Erhalt und Verbesserung der Bodenstruktur, Vermeidung von Bodenverdichtung und Erosion sowie Erhalt und Förderung der biologischen Bodenaktivität und Erhalt des Humusgehaltes durch reduzierte Bearbeitungsintensität (vgl. BBodSchG 2021: Paragraph 17, Abs. 2).

- Die Verordnung (EU) Nr. 2021/2115 „Grundanforderungen an die Betriebsführung (GAB)“ enthält Regelungen zum Erhalt von Agrarflächen in gutem ökologischen und landwirtschaftlichen Zustand (GLÖZ) (UBA 2024: Bodenbearbeitung).

Richtlinien und Leitfäden:

- DWA-M 550 „Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung“
- Grundlagen für weitere Untersuchungen können die „Hinweiskarten Starkregengefahren“ des LfULG bilden, wo Wassertiefe, Fließrichtung und -geschwindigkeit sachsenweit für zwei Starkregenszenarien simuliert wurden



Tool M1: bewirtschaftungsintegrierte Verwallungen

- Verwallungsanlagen sind bewirtschaftungsfähig, womit es keine Notwendigkeit des Flächenumbruchs mit einhergehenden finanziellen Einbußen für den Landwirt gibt.
- Die Herstellungskosten sind dabei vergleichsweise gering, die Wartung ist regelmäßig anfallend, der Wartungsaufwand aber gering (Peschke et al. 2015: 1).



Abb. 62: Gebiet des Pilotprojektes in Pröda, OT Nossen vor dem Eingriff. Die erosive Abflussbahn ist 500 m lang, hat eine Neigung von >8% und ein 6 ha großes Einzugsgebiet (LfULG, Peschke 2012).



Abb. 63: Gebiet des Pilotprojektes in Pröda, OT Nossen, nach dem Eingriff. Die obere Verwallung hat ein Speichervolumen von 500 m³, die untere ein Speichervolumen von 200 m³ (LfULG, Peschke 2012).

- die Höhe der Verwallungen kann je nach Abflussmenge bis zu zwei Meter betragen
- die wasserseitige Böschungsneigung kann circa im Verhältnis 1:10 ausgebildet werden, die luftseitige Böschungsneigung etwa im Verhältnis 1:4. Verwallungen sind somit in der Landschaft kaum wahrzunehmen
- eine drei Meter breite Krone stellt die Bewirtschaftbarkeit sicher
- entlang der Tiefenlinie ist ein Sickerstrang aus durchlässigem Material eingebaut, zur gedrosselten Ableitung des sich im Stauraum sammelnden Wassers (Wiehl 2020: 101, 115; Peschke et al. 2015: 3)

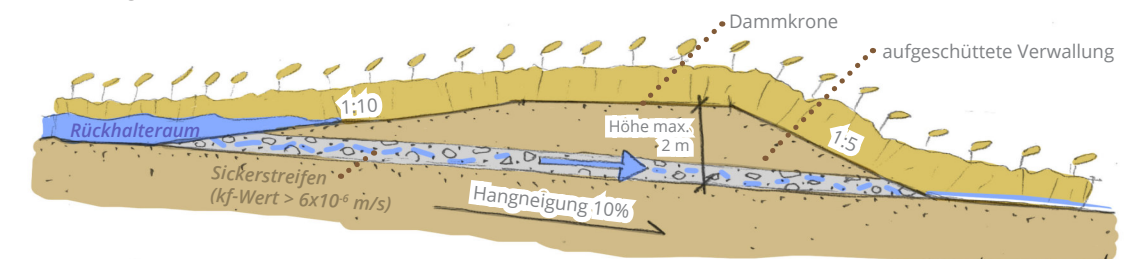


Abb. 64: exemplarische Darstellung des Querschnitts der Verwallung. Maßstabslos (TUD 2025 nach Wiehl 2020: 115, Abb. 62).

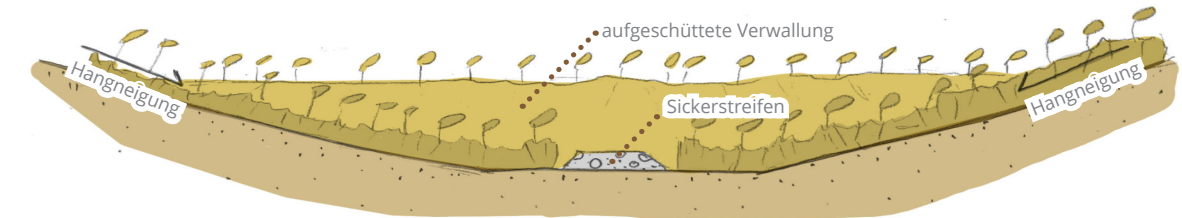


Abb. 65: exemplarische Darstellung der Ansicht der Verwallung. Maßstabslos (TUD 2025 nach Wiehl 2020: 115, Abb. 63).

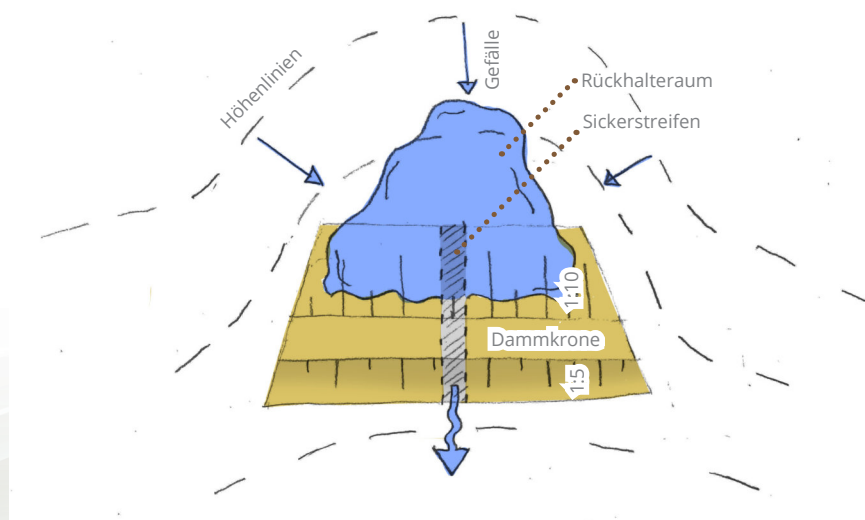


Abb. 66: exemplarische Darstellung der Aufsicht der Verwallung. Maßstabslos (TUD 2025 nach Wiehl 2020: 115, Abb. 64).

- Eine deutliche Reduzierung des Oberflächenabflusses und der Erosion entfaltet sich am effektivsten in Kombination mit konservierender Landwirtschaft (Peschke et al. 2015: 1).

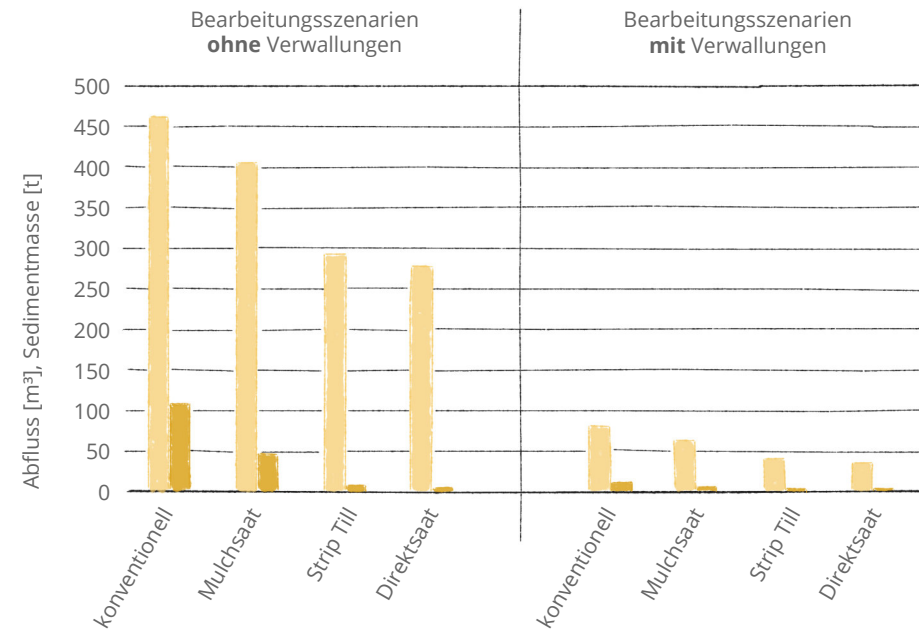


Abb. 67: Vergleich der Sedimenteinträge sowie des Oberflächenabflusses in den Vorfluter bei Bodenbearbeitungsarten mit und ohne Verwallungen auf einer Beispielfläche im Sächsischen Lößhügelland via EROSION-3D-Simulationen (LfULG 2016: 13).



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Bisher gibt es für solcherlei Maßnahmen keine direkte Fördermöglichkeit. Die Gesamtkosten von 26.500€ im Pilotprojekt der Verwallungen in Pröda, Ortsteil Nossen, konnten zu 80% über das Flurbereinigungsverfahren und zu 20% über einen Eigenanteil der Stadt Nossen finanziert werden (LfULG 2016: 13).



Tool M2: Anlage von Hecken zur Schlagunterteilung und Verkürzung der erosiven Hanglängen und Abflussbahnen

- Hecken können als erosions- und abflussminderndes sowie retentionssteigerndes Strukturelement dienen, wenn sie quer zur Abflussbahn angelegt werden.
- Außerdem schützen sie den Ackerboden und die Feldfrüchte durch Verschattungs- und Windbarrikadenwirkung vor Winderosion und insbesondere vor Austrocknung.
- Zudem bieten sie Überwinterungs- und Nahrungshabitate für viele Nützlinge, z.B. Marienkäfer, Schweb- und Flurfliegen, Neuntöter oder Dorngrasmücke (Bioland Beratung GmbH 2011: 2).
- Laubfall führt im direkten Umfeld zur Humusanreicherung und die Biomasse der Hecke trägt zur CO₂-Speicherung bei. Dabei kompensiert eine 720 m lange Hecke die Treibausgasemissionen, die von einem in Deutschland lebenden Menschen über zehn Jahre hinweg verursacht werden (BLE 2024: Hecken auf Äckern und Weiden. Klima- und Artenschutz?).



Abb. 68: Feldhecke mit Großgehölzen in Herbstfärbung (Evelyn Simak, CC BY-SA 2.0).



Voraussetzungen:

- Erste Voraussetzung ist die Einhaltung des Nachbarschaftsrechts mit entsprechendem Abstand der Gehölze zum Nachbargrundstück
- Die Mindestabstände zu unterirdischen Leitungen sind einzuhalten.
- Es dürfen keine Offenlandbrüter in den Gebieten nachgewiesen sein, da sie von Heckenanlage vertrieben werden könnten (Bioland Beratung GmbH 2011: 2-3).

Richtlinien und Leitfäden:

- Bioland Beratung GmbH (2011) „Hecken planen, pflanzen, pflegen. Eine praktische Anleitung für Landwirte“
- Deutscher Verband für Landschaftspflege (WVL) e. V. (2006) „Landschaftselemente in der Agrarstruktur – Entstehung, Neuanlage und Erhalt“



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „Förderrichtlinie Natürliches Erbe 2014 RL NE/2014: Anlage und Sanierung von Gehölzen“
- „Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen FRL AUK/ 2023 – AL 8: Kleinteilige Ackerbewirtschaftung“

Bundesförderprogramm:

- „Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) (vgl. BMEL o. J.: Förderbereich 4. Markt- und standortangepasste sowie umweltgerechte Landwirtschaft einschließlich Vertragsnaturschutz und Landschaftspflege: 22f., 50)

- Es sollen gebietstypische (autochthone) Gehölze verwendet werden, wobei die Klimaangepasstheit zu prüfen ist. Eine Mischung aus etwa acht Straucharten und ein bis zwei Baumarten ist zu empfehlen – als Gruppenpflanzungen aus 3 bis 5 Arten in mindestens 2 Reihen.
- Die optimale Breite beträgt 8–10 m inkl. 2 m Krautsaum, aber auch schmalere Hecken bis zu 5 m Breite erfüllen erosionsmindernde und retentionssteigernde Funktionen.
- Bestenfalls sind unterschiedliche Pflanzabstände zu wählen mit einer Winddurchlässigkeit von 40–50%, wobei mehrere kleine Lücken günstiger als wenige große wirken.
- Wenn kein Krautsaum gewählt wird, dann zumindest ein Grasstreifen als Abstand zur Ackerfläche (DVL 2006: 38–40).

Schlehe > 25% Weißdorn ca. 20% Hundsrose ca. 15% Heckenkirsche 3–5% Hartriegel 3–5%

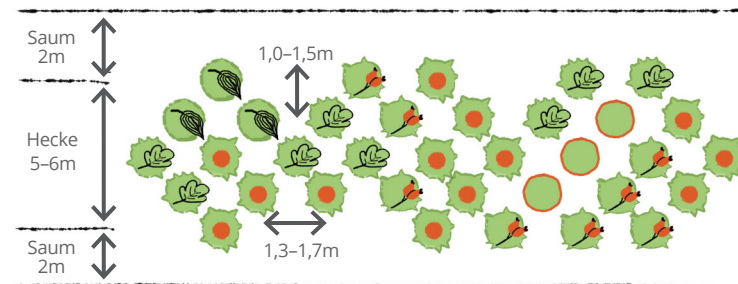


Abb. 69: Heckenpflanzschema für Strauch-Hecke (TUD 2025 nach DVL 2006: 39).

Gehölzart (Symbol/Name)	Gehölzanteil (in %)	Bedarf (Stück/100m)
Schlehe	27,6	32
Weißdorn, eingriff.	22,4	26
Hunds-Rose	17,2	20
Hasel	12,1	14
Pfaffenhütchen	5,2	6
Wildobst	5,2	6
Schwarzer Holunder	5,2	6
Feld-Ahorn	1,7	2
Trauben-Eiche	1,7	2
Vogelkirsche	1,7	2

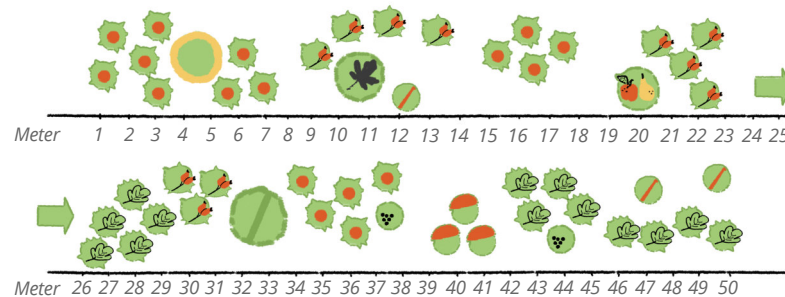


Abb. 70: Heckenpflanzschema für locker bepflanzte Biotophecke (TUD 2025 nach DVL 2006: 40).

- Pflege** durch Gehölzschnitt alle 8–12 Jahre in Zeiten der Vegetationsruhe (01.10. – 28.02.)
- Rückschnitt abschnittsweise auf max. einem Drittel der Heckenlänge (auf-den-Stock-setzen)
- im Rest der Hecke bleiben Heckenfunktionen erhalten
- Wiederverwendung des Schnittgutes z.B. als Benjeshecken oder habitatbildende Reißighaufen an Waldrändern und Schlaggrenzen (BLE 2024: Hecken auf Äckern und Weiden – Klima- und Artenschutz?)



Abb. 71: Feldhecke mit zumindest schmalen Grünstreifen als Abstand zur Ackerfläche (TU Dresden).

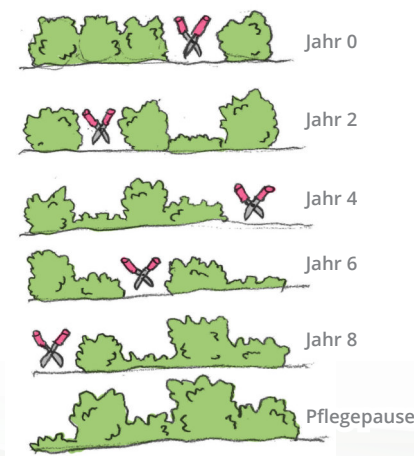


Abb. 72: Abschnittsweise auf-den-Stock-setzen (TUD 2025 nach Wolf 2006).

Tool M3: Dauerbegrünung der erosiven Abflussbahnen

- Die Dauerbegrünung von Abflussbahnen verringert das Erosionsgeschehen deutlich und steigert den Wasserrückhalt in der Fläche.
- Wie breit die begrünte Fläche angelegt werden sollte, ist abhängig vom Einzugsgebiet der Abflussbahn und der Geometrie des Abflussbahnsohlengefälles.
- Eine Unterteilung in mehrere Abschnitte unterschiedlicher Begrünungsbreiten für lange Abflussbahnen ist möglich. Dabei gilt, je größer z.B. das Einzugsgebiet der Abflussbahn ist, desto geringer ist oft das Sohlengefälle im Unterlauf, sodass hier größere Begrünungsbreiten nötig werden.
- Die erforderlichen Begrünungsbreiten können mit Fließformel nach Gauckler-Manning-Strickler berechnet werden.
- Die Berechnung des Abflussvermögens findet anhand von Fließgefälle, Oberflächenbeschaffenheit und Geometrie der Abflussbahn statt (LfULG 2015: 7; Vgl. bauformeln o. J.: Gerinnehydraulik).

Sohlen- gefälle [%]	EZG 5 ha		EZG 10 ha		EZG 20 ha		EZG 30 ha		EZG 40 ha		EZG 50 ha		EZG 60 ha		EZG 70 ha	
	Top	Höhe	Top	Höhe	Top	Höhe	Top	Höhe	Top	Höhe	Top	Höhe	Top	Höhe	Top	Höhe
1	6	0,25	9	0,29	12	0,36	18	0,36	18	0,43	24	0,41	24	0,46	27	0,47
2	6	0,20	9	0,25	9	0,35	14	0,35	18	0,35	18	0,40	21	0,40	25	0,40
3	6	0,18	7	0,25	10	0,29	14	0,30	19	0,30	24	0,30	29	0,30	33	0,30
4	6	0,17	7	0,23	13	0,23	19	0,23	25	0,23	32	0,23				
5	6	0,16	7	0,20	14	0,20	21	0,20	28	0,20	35	0,20				
6	6	0,15	8	0,18	16	0,18	24	0,18	31	0,18						
7	6	0,14	9	0,16	18	0,16	27	0,16								
8	6	0,14	11	0,14	21	0,14	30	0,14								

Top = Begrünungsbreite in Meter; Höhe = max. Wasserhöhe in Meter bei Spitzenabfluss; EZG = Einzugsgebiet

Abb. 73: beispielhafte Darstellung der Verhältnisse des Sohlengefälles zur Größe des Einzugsgebietes für eine erste Einschätzung der zu begrünenden Breite (LfULG 2015: 7).

- Die Grasansaat wird auf der Abflussbahn direkt nach Ernte der Hauptfrucht eingestreut, am besten als Mulchsaat (z.B. durch Heusaat – also Mahdgutübertragung von benachbarten Grünlandflächen), damit der Oberboden der Abflussbahn in der vulnerablen Ansaatphase gut geschützt ist.
- Mit zunehmendem Gefälle besteht auch bei Vorhandensein einer Grasnarbe durch Extremniederschläge eine erhöhte Erosionsgefahr. Dann müssen zusätzliche Maßnahmen durch Gehölzpflanzungen oder Wälle vorgesehen werden.
- Der Auslass der Abflussbahn ist auf ausreichenden Erosionswiderstand bzw. vorhandene Retentionsräume zu prüfen und ggf. gegen Auskolkung durch z.B. Blocksteine zu sichern.
- Die Mahd ist je nach geplanter Flächennutzung als intensive Futterwiese oder extensives Grünland häufig oder selten durchzuführen.
- Zur ökologischen Aufwertung können mehrjährige regionale Saatmischungen verwendet werden. Dann ist eine ein- bis zweischürige Mahd zu empfehlen. Zu berücksichtigen sind dabei die Brutzeiten von Bodenbrütern (LfULG 2015: 7–12).



Abb. 74: Vermeidung einer Furche am Übergang zur begrünten Abflussbahn, um der Entstehung einer sekundären Abflussbahn entgegenzuwirken (links). Stattdessen Ausbildung eines fließenden Übergangs (rechts) (links: Volker Prasuhn, CC BY-SA 3.0; rechts: Brian R. Marshall, CC BY-SA 2.0).

- Der Übergang zur Abflussbahn hin sollte gleichmäßig ohne Furchenbildung ausgeführt werden, da sich sonst eine sekundäre Abflussbahn entwickeln könnte (LfULG 2015: 9).
- Am besten sollte ein 1–2 m breiter extensiv genutzter Grünrandstreifen am Übergang zur Abflussbahn belassen werden.



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen FRL AUK/ 2023 – AL 1: Gewässer- und bodenschonende Begrünung von Ackerflächen“; und/oder: „AL 5c – mehrjährige Blühfläche auf Ackerland“.

Bundesförderprogramm:

- „Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) (vgl. BMEL o. J.: Förderbereich 4. Markt- und standortangepasste sowie umweltgerechte Landbewirtschaftung einschließlich Vertragsnaturschutz und Landschaftspflege: 22f., 50)

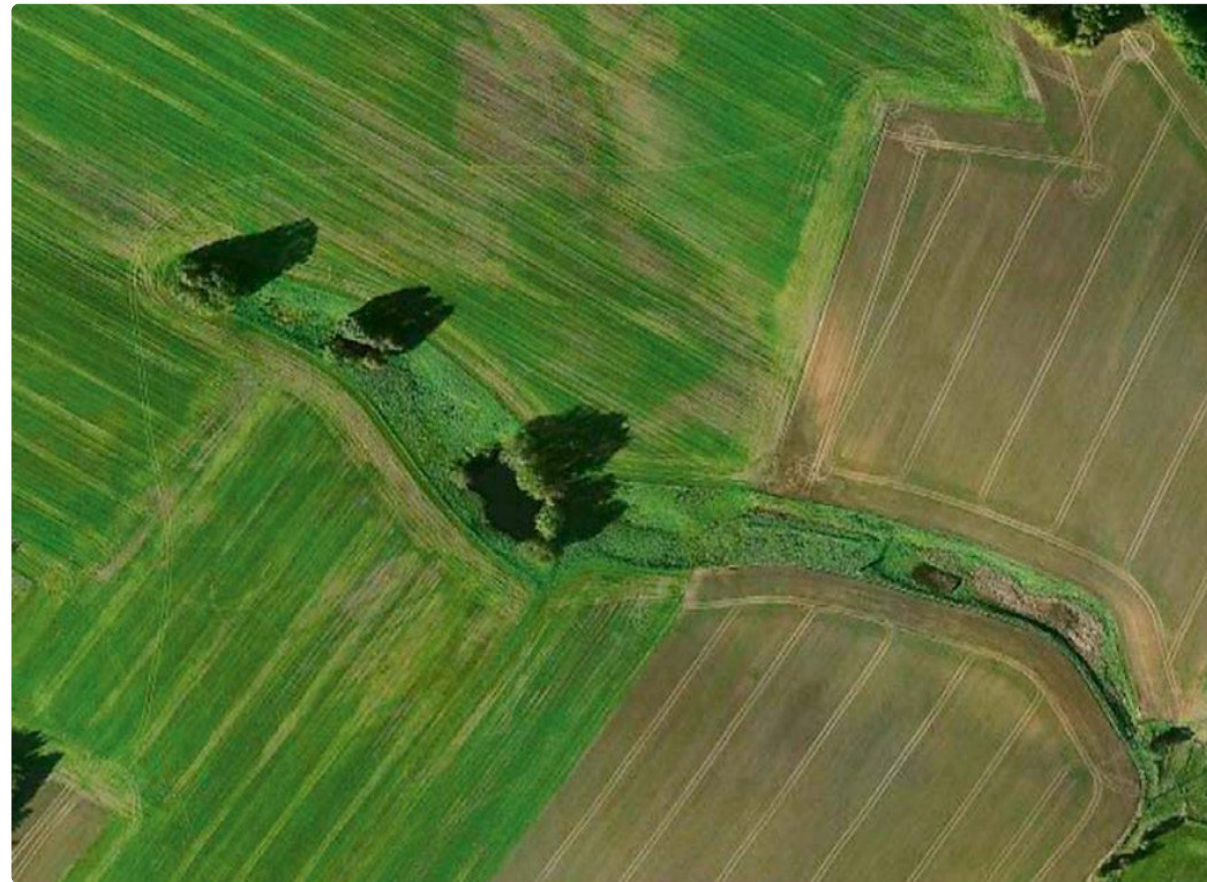
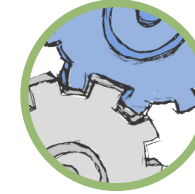


Abb. 75: Als Grünland genutzte Abflussbahn mit individuellem Gehölzbestand (GeoSN in LfULG 2015: 10, Abb. 4).

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Gesteigert wird die Resilienz des Landschaftswasserhaushaltes gegenüber Wetterextremen, da die Anlage von Verwallungen, Hecken und die Dauerbegrünung von Abflussbahnen für einen gesteigerten Wasserrückhalt in der Fläche sorgen und dadurch die Auswirkungen von Starkregen und die Hochwasserentstehungsgefahr reduzieren. Zudem können, besonders durch Verwallungen, Ertragsausfällen aufgrund von Trockenheit entgegenwirkt werden. Durch den gesteigerten Wasserrückhalt kommt es außerdem zu einer erhöhten Versickerungsleistung, wodurch ein Beitrag zur Grundwasserneubildung geleistet wird, sodass die Robustheit der Trinkwasserressourcen gestärkt wird, was sich wiederum positiv auf die Sicherheit der Trinkwassergewinnung innerhalb der Kommune auswirkt (Dezentralität).

Nutzungsanpassung von vernässungsgefährdetem Offenland



Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen für vernässungsgefährdete Offenlandflächen:

- Schaffung von Retentionsräumen in der Landschaft: extensives Feuchtgrünland oder Sümpfe sind ausgelegt für Vernässung und Überflutung und können bei ausreichender Größe auch Starkregengemengen aufnehmen und diese besonders in sommerlichen Trockenphasen noch an die umgebende Vegetation abgeben.
- Günstige Wirkung auf dezentrale Hochwasservorsorge: Gerade im Hochwasserrisikobereich (z.B. HQ100)

kann extensives Feuchtgrünland Teil eines dezentralen Rückhaltesystems entlang der Gewässerauen darstellen, was ohne Stoffeinträge und Gefahrenpotential überschwemmt werden kann.

- Lebensraum- und Kohlenstoffspeicherfunktion: Gerade über sommerliche Trockenperioden hinweg können grundwassergestützte Nasswiesen und sumpfige Bereiche ein Ausweichbiotop für stenohygrophile (=gleichbleibende Feuchte liebende) oder kaltstenotherme (=gleichbleibende Kühle liebende) Arten (z.B. Amphibien) darstellen. Außerdem stellen gerade feuchte Wiesen und die darunter liegenden humusreichen Böden wichtige terrestrische Kohlenstoffspeicher dar.



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- Eine Förderkulisse auf langfristige strategische Anpassung der Flächennutzung im Zuge des Grundwasserwiederanstieges im Braunkohlenrevier gibt es noch nicht.
 - Sachsen: Thematisch ist eine Anknüpfung an die Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (FRL AUK/2023) denkbar.
- Dort lassen sich die angepasste Grünland- und Ackernutzung auf Überflutungsauen und Moorflächen als sehr ähnliche förderfähige Maßnahmen finden.
- Thematisch passend wäre auch die Förderrichtlinie Natürliches Erbe (FRL NE/2023) unter Punkt A.1 Biotopgestaltung und Artenschutz, dort Maßnahme: „Umwandlung von Ackerland in Dauergrünland“.



Rechtliche Vorgaben:

- Bei der Extensivierung der Nutzung, zum Beispiel der Umnutzung von vernässungsgefährdetem Ackerland in feuchtes oder temporär überflutetes Dauergrünland, gelten nach bisherigem Kenntnisstand keine speziellen Reglementierungen.

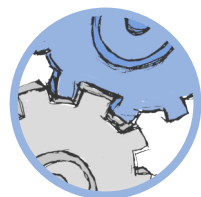
Tool N1: Extensivierung der Nutzung vernässungsgefährdeter Wiesen

- Vernässungsgefährdete Wiesen sollten langfristig und je nach Stärke der Vernässung in der Bewirtschaftung extensiviert und zu Sumpfflächen (z.B. Großseggenrieden) oder extensiv genutzten Feuchtgrünlandflächen (z.B. Nasswiesen) entwickelt werden (siehe auch Tool O4, S.81). Zur Förderung der Kohlenstoffspeicherkapazität und Biodiversität ist eine Verflechtung und Zonierung stark und weniger stark durchnässter Flächen zu empfehlen.

Tool N2: Umwandlung vernässungsgefährdeter Ackerflächen

- Vernässungsgefährdete Ackerflächen sollten auf lange Sicht aus der Bewirtschaftung genommen und zu extensivem Feuchtgrünland (z.B. Nasswiesen) mit Sumpfflächenanteilen (z.B. Großseggenrieden) entwickelt werden. Eine langfristig angelegte Sensibilisierung der Landwirte ermöglicht ein wirtschaftliches Gegensteuern. Auf geeigneten Flächen können alternative Bewirtschaftungskonzepte erprobt werden, wie etwa die Beweidung oder Rohrkolbenernte zur Gewinnung von innovativem Dämm- und Baumaterial (Rohrkolbenstängel) und als Daunenersatz in der Textilindustrie (Flugsamen des Rohrkolbens). Sollte eine Drainage von Flächen erforderlich sein, dann sollte sie über offene Grabenspeicher (siehe Tool O4) realisiert werden.

Entwicklung von naturnahen Gewässerstrukturen



Wirkungen:

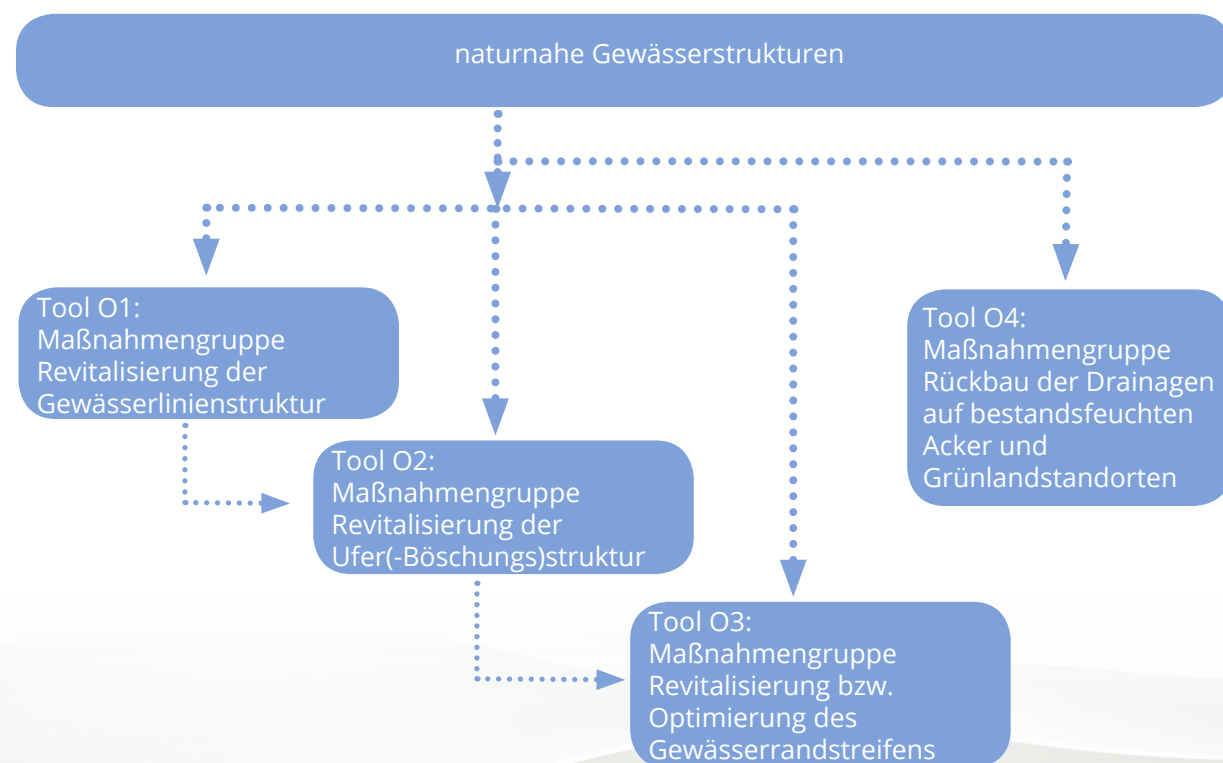
Die Entwicklung naturnaher Gewässerstrukturen bzw. die Revitalisierung der Schwemmbereiche

und Auen ist für eine effektive Starkregen- und Hochwasservorsorge sowie für den Erhalt und die Förderung eines natürlichen (Landschafts-)Wasserhaushaltes unabdingbar. Da es dahingehend eine große Vielfalt an umzusetzenden Maßnahmen gibt und die Situationen an den Gewässern sehr unterschiedlich sein können, werden die Tools nicht wie bisher einzeln aufgelistet, sondern als Maßnahmengruppen zusammengefasst und jeweils kurz erläutert. Dabei wird in folgende Maßnahmengruppen unterschieden:

- **Maßnahmengruppe Tool L1:** Gewässerlinienstruktur – Darunter fallen Maßnahmen, welche die Sohlstruktur und verrohrte Gewässerabschnitte betreffen.
- **Maßnahmengruppe Tool L2:** Uferstruktur – Dies bezeichnet Maßnahmen, welche das unmittelbare Böschungsufer betreffen.
- **Maßnahmengruppe Tool L3:** Gewässerrandstreifen – Das sind Maßnahmen, welche das direkte Gewässerumfeld betreffen.
- **Maßnahmengruppe Tool L4:** Maßnahmen zum Rückbau der Drainagen auf den trotz erfolgreicher Drainierung weiterhin bestandsfeuchten Acker- und Grünlandstandorten.

Diese räumlichen Kategorisierungen sollen den Entscheidungsträgern zunächst die Wahl geeigneter Maßnahmen entsprechend der örtlichen Voraussetzungen und defizitären Bestandssituationen erleichtern. Die Maßnahmen stehen dabei für sich selbst und können einzeln angewendet werden. Sie können und sollten hinsichtlich einer nachhaltigen Gewässerentwicklung aber auch als eine Art Kaskade verstanden werden. So wirken sich bspw. einzelne Maßnahmen aus Tool L1 durchaus positiv auf Entwicklungen aus

dem Bereich des Tools L2 aus bzw. können die dort vorgestellten Entwicklungen auch anstoßen. Ebenso können Maßnahmen aus Tool L2 auch den Grundstein für Tool L3 legen. Bezüglich einer zielgerichteten und nachhaltigen Gewässerentwicklung im Gesamtumfang der Resilienzsteigerung des Landschaftswasserhaushaltes gegenüber Wetterextremen sollte vor dem Umsetzen der Tools dennoch ein leitbildgerechtes Gewässerentwicklungskonzept erarbeitet werden.



gesetzlicher Rahmen:

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG), hier besonders §§ 38 und 39
- Sächsisches Wassergesetz (SächsWG), hier besonders §§ 24 und 61
- Oberflächengewässerordnung (OGewV): diese setzt EU-Recht in nationales Recht um



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- Förderrichtlinie „Gewässer/Hochwasserschutz – RL GH/2018“ (Fördersatz <75%) (vgl. LfULG o. J.: RL GH/2018 Förderübersicht)
- Förderrichtlinie GL9 „Sukzessionsstreifen mit natürlicher bachbegleitender Vegetation auf Grünland“ (Fördersatz 1.145 €/ha)
- Förderrichtlinie AL 13 „Sukzessionsstreifen mit natürlicher bachbegleitender Vegetation auf

Richtlinien und Leitfäden:

- DWA-M 610 „Neue Wege der Gewässerunterhaltung - Pflege und Entwicklung von Fließgewässern“.
- DWA-M612 „Gewässerrandstreifen - Uferstreifen - Gewässerentwicklungskorridore: Grundlagen und Funktionen, Hinweise zur Gestaltung, Beispiele“.
- Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL). Diese ist in das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und das Sächsische Wassergesetz (SächsWG) integriert.

Ackerland“ (Fördersatz 3.336 €/ha)

- Informationen zu weiteren Finanzierungsmöglichkeiten in Sachsen liefert die „Übersicht: Finanzierungsmöglichkeiten von Auenprojekten“ des LfULG (vgl. LfULG 2024: Übersicht. Finanzierungsmöglichkeiten von Auenprojekten)

Bundesförderprogramm:

- „Allianz Umweltstiftung“: Förderungen zum Arten-, Biotop-, Boden- und Gewässerschutz (vgl. foerdersuche o. J.: Allianz Umweltstiftung)

Begriffe:

Gewässerrandstreifen:

- Das sind die direkten Uferbereiche, die landseits an das Gewässer angrenzen.
- Sie fungieren als Puffer gegenüber Stoffeintrag aus landwirtschaftlichen Flächen (DWA-M 612 2020: 14).
- Im Innenbereich der Siedlungen sind sie fünf Meter breit, im Außenbereich zehn Meter breit (SächsWG 2022: Paragraph 24, Abs. 2).

Uferstreifen:

- Uferstreifen bezeichnen die größeren Teile der Aue ab der mittleren Wasserstandslinie.
- Damit entsprechen sie nicht den Gewässerrandstreifen sondern auch weiteren gewässerökologisch bedeutsamen und naturnahen Flächen, die aktuell zur Verfügung

stehen – zum Beispiel Geländestreifen und Wiesen. Begrenzt werden die Uferstreifen von Nutzungen, welche sich in der natürlichen Aue des Gewässers befinden, aber anderen Ansprüchen, wie z.B. landwirtschaftlichen Nutzung dienen (DWA-M 612 2020: 14).

Gewässerentwicklungskorridor:

- Ein Gewässerentwicklungskorridor bezeichnet den gesamten Bereich, der eine naturraumtypische Gewässerentwicklung ermöglicht oder ermöglichen würde.
- Er orientiert sich am ursprünglichen Verhalten eines Fließgewässers und seiner Überflutungsbereiche – dem Alluvium – und richtet sich nach Fließgewässertyp und der Gewässergröße (DWA-M 612 2020: 15). Er kann die gesamte Auenfläche umfassen.

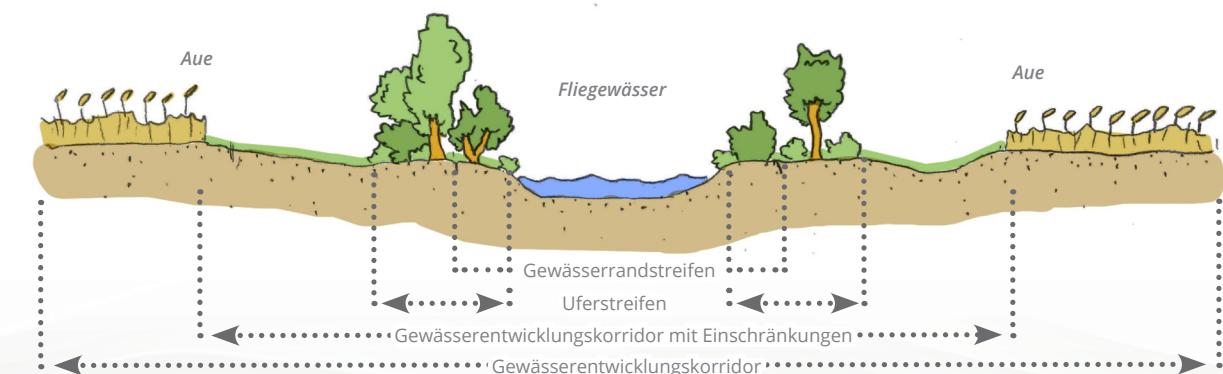


Abb. 76: Schema der unterschiedlichen gewässernahen Bereiche (TUD 2025 nach DWA-M 612 2020: 15, Abb. 2).

Tool O1: Maßnahmengruppe Revitalisierung der Gewässersohlenstruktur

O 1.1: Strukturaufwertung im Gewässerprofil

a.) Offenlegung verrohrter Abschnitte sowie b.) Rückbau von Sohlverbau

- Das führt zur Verringerung der Fließgeschwindigkeit während Hochwasserereignissen.
- Durch offene Ufer und Gewässersohlen kommt es zur ökologischen Aufwertung.
- Ggf. kann das Einbringen von gewässertypischem Substrat den ökologischen Effekt erhöhen (uba 2019: Renaturierungsmaßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes).

c.) Einbau von Strukturelementen zur Erhöhung der Strömungsdiversität

- Die Einbringung von Totholz und/oder „Raubäumen“ sowie kleinen Buhnen, Kiesschüttungen oder Wurzelstöcken erhöhen das Fließenergiegefälle, was einen stärkeren Strömungsangriff auf die Gewässersohle ausübt und so zur Vergrößerung des Sohlensubstrates führt.
- Mit der Zeit entsteht ein neuer Gleichgewichtszustand und es beginnt die Bankbildung.
- So entstehen Mikrohabitate und es verringert sich die Fließgeschwindigkeiten während Hochwasserphasen.
- Zudem kommt es zur Ausbildung unterschiedlicher Wassertiefen bzw. Niedrigwasserrinnen, die in Trockenphasen vor gänzlichem Trockenfallen schützen können (bmlfuw 2014: 55, 76; uba 2019: Renaturierungsmaßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes).

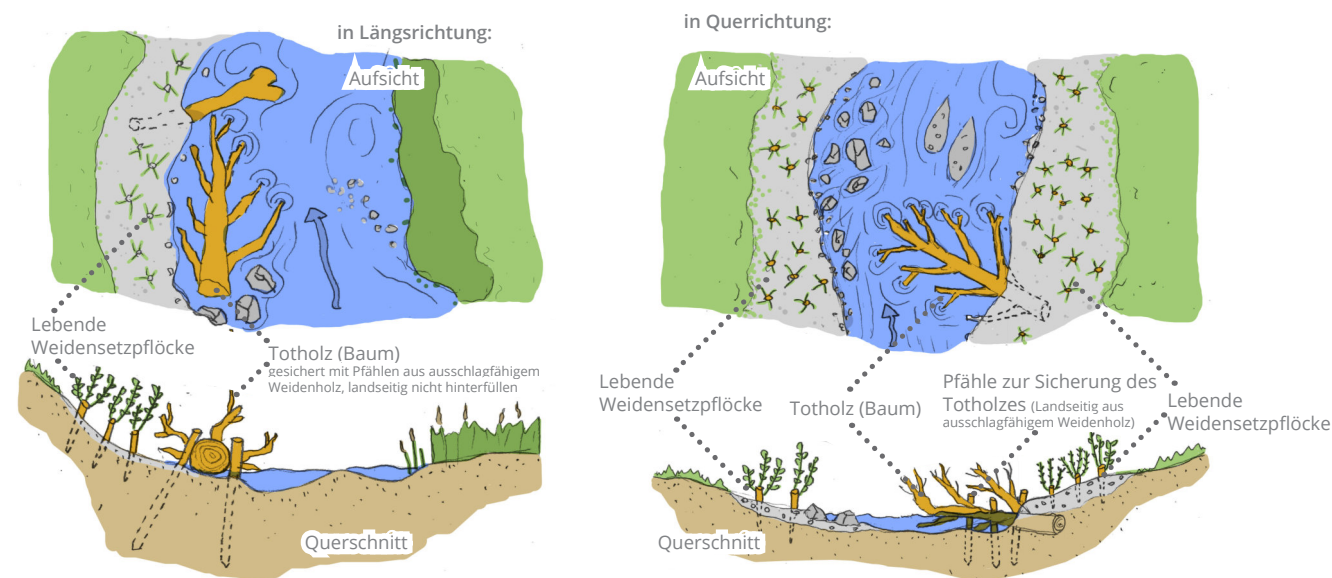


Abb. 77: Einbringen von Raubäumen als Strömungslenker in Längsrichtung in Verbindung mit ingenieurbologischen Weidenetzlingen (TUD 2025 nach bmlfuw 2014: 56, Abb. 5-8).

Abb. 78: Einbringen von Raubäumen als Strömungslenker in Querrichtung in Verbindung mit ingenieurbologischen Weidenetzlingen (TUD 2025 nach bmlfuw 2014: 55, Abb. 5-7).

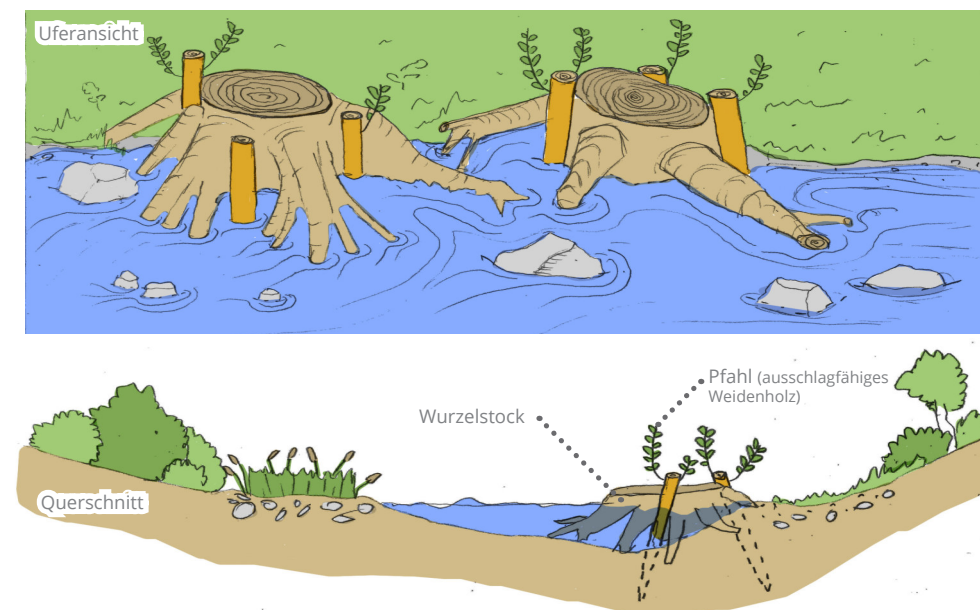


Abb. 79: Einbringen von Wurzelstöcken als Strömungslenker (TUD 2025 nach bmlfuw 2014: 56, Abb. 5-9).



Tool O2: Maßnahmengruppe Revitalisierung der Ufer(-Böschungs)struktur

O 2.1: Aufweitung und Abflachung enger Gewässerläufe und steiler Uferböschungen

- Eine Aufweitung und Abflachung führt zur Stabilisierung des Gewässerbettes.
- Gefördert wird außerdem eine eigendynamische Entwicklung.
- Erreicht wird auch die Verringerung der Fließgeschwindigkeiten während Hochwasserphasen.
- Schon durch kleinräumige Ausbreitungsmöglichkeiten des Wassers entstehen neue Retentionsräume (sogenannte Sekundärauen), die Abflussspitzen im Hochwasserfall verringern können (uba 2019: Renaturierungsmaßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes).

a.) Zulassen natürlicher Aufweitungen:

- Bei der natürlichen Aufweitung werden morpho- und hydrodynamische Prozesse während Hochwasserereignissen gezielt zugelassen, wobei durch natürliche seitliche Erosion Aufweitungen entstehen (bmlfuw 2014: 174).

b.) Maschinelle Aufweitung:

- Maschinelle Aufweitung bezeichnet eine künstliche Aufweitung auf projektierte Breite.
- Die Erosionssicherung des neuen Ufers wird dabei z.B. durch ingenieurbologische Bauweisen gewährleistet (siehe Tool L 2.2).
- Das verbreiterte Gerinne (als Entwicklungsendzustand) ist schon vorgegeben, daher gibt es weniger strikte Bindung an die Entwicklungslänge der Strömungen (bmlfuw 2014: 174).

c.) Zulassen und Kontrolle eigendynamischer Aufweitungen:

- Bei der kontrollierten eigendynamischen Aufweitung wird die Erosion durch Entfernen der alten Ufersicherung initiiert.
- Schließlich wird diese Erosion durch strömunglenkende ingenieurbologische Bauten (z.B. Buhnen) am gegenüberliegenden Ufer gezielt verstärkt.
- Festgelegt werden Erosionsgrenzen als Zielzustand, welche beim kontinuierlichen Heraneroieren schließlich durch Hochwasserschutzmaßnahmen abgesichert werden.
- Diese Methode wird meist für längere Gewässerabschnitte angewandt (bmlfuw 2014: 174).

d.) gemischte Aufweitung:

- Die gemischte ist eine maschinelle Aufweitung des Fließgewässers, wobei nicht auf die maximale Breite aufgeweitet wird, um noch ein gewisses Maß an Eigendynamik zuzulassen.
- Dadurch lässt sich die sofortige Teilfertigstellung eines ökologisch aufgewerteten Gerinnes gewährleisten (bmlfuw 2014: 174).

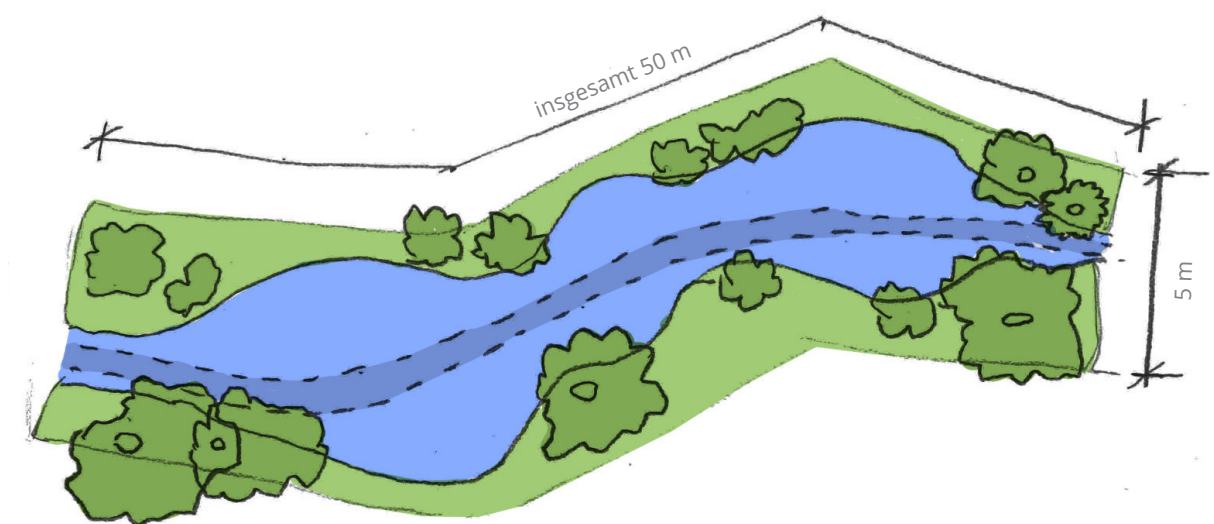


Abb. 80: Schema einer Uferaufweitung (TUD 2025 nach Wasser- und Bodenverband der Mittleren Riers).

O 2.2: ingenieurbioologische Ufersicherung (ausgewählt Beispiele)

- Sollte eine eigendynamische Entwicklung unter anderem nur in einem begrenzten Raum möglich sein, kann eine ingenieurbioologische Ufersicherung zur Kontrolle der Eigendynamik mit natürlichen Mitteln zweckdienlich sein.
- Bei der Ufersicherung sollten dabei möglichst autochthone und stocktriebige Pflanzen zur Anwendung kommen (WBW o. J.: 3).
- Ingenieurbioologische Methoden bilden zudem einen Ersatz für technische Uferverbauten aus nicht-natürlichen Materialien und/oder eine Stabilisierung natürlicher Ufer z.B. nach Uferaufweitungen.
- Dabei zeigen sich viele günstige Wirkungen: Zum einen werden die Ufer effektiv vor Erosion geschützt und eine Entwicklung der Gewässersohle kann gewährleistet werden. Verringert wird zudem die Fließgeschwindigkeit, während nach der Anwurzeln eine Verschattung zur Reduktion der Verdunstung führt. Erreicht wird zugleich ein bodennaher Temperatursausgleich und eine Verringerung des Krautaufluchses besonders in zur Verkräutung neigenden Fließgewässern (umg 2015: Ingenieurbioologie. Bauen mit der Natur).
- Bei abschnittsweise Einbau ingenieurbioologischer Maßnahmen kann die Gewässerdynamik besonders in begründigten Gewässern und Gräben initiiert werden (WBW o. J.: 3).
- Insgesamt findet so eine gestalterische und ökologische Aufwertung statt, da unter anderem die Entwicklung eines Gewässerrandstreifens unterstützt wird.
- Die volle Funktionsfähigkeit entwickelt ein so entstandener Randstreifen erst mit der Zeit, er braucht aber meistens ab dem zweiten Jahr nach der Anlage keine laufende Pflege mehr.
- Erhaltungsmaßnahmen sind meist nur in langfristigen Intervallen nötig, z.B. nach Naturkatastrophen wie extremen Hochwassern. Eine Gefahr im Hochwasserfall stellen ingenieurbioologische Maßnahmen durch Anwurzeln oder Verankerung aber nicht dar.
- Auszeichnen tun sich solche Maßnahmen durch eine hohe Nachhaltigkeit und Langlebigkeit aufgrund des Selbstreparaturvermögens und der Anpassungsfähigkeit der Gehölze.
- Insgesamt sind sie mittelfristig also wirtschaftlicher als technische Ufersicherungen (umg 2015: Ingenieurbioologie. Bauen mit der Natur; WBW o. J.: 3).

a.) Krainerwand (Holzgrünschwelle)

- Stützkörper als Totholzkonstruktion die durch lebende Pflanzen dauerhaft gesichert wird
- sofortige Belastbarkeit und Sicherung
- anwachsende Pflanzen werden zunächst durch Holzgerüst geschützt
- später stützen und entwässern die Pflanzenwurzeln das Ufer während die Holzkonstruktion langsam verrottet
- Anlage als 1–4 m hohe Konstruktion
- nicht steiler als 60° auszubilden
- die letzten Reihen unter Wasser können ohne Bepflanzung bleiben und als Fischunterstand dienen (WBW o. J.: 71–73)
- Zwingend ist der sofortige Einbau des Lebendmaterials in der Zeit der Vegetationsruhe, um die Durchwurzelnung zu garantieren (Ebd.).
- Ein selektiver Schnitt des Weidenaufwuchses ist zu empfehlen, aber sonst fallen in der Regel keine weiteren Pflegemaßnahmen an (Ebd.).

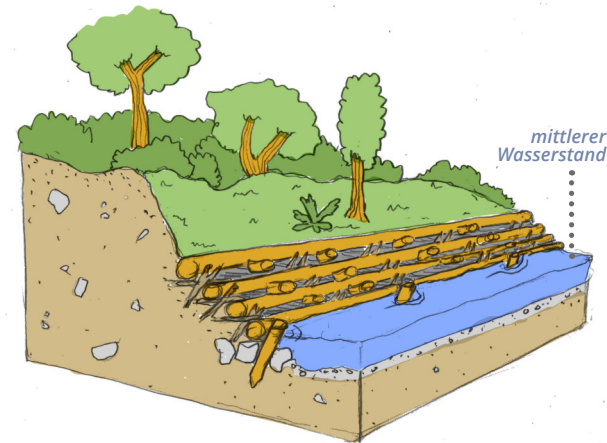


Abb. 81: Schematische Darstellung Krainerwand im Herstellungszustand. (TUD 2025 nach WBW o. J.: 71, Abb. 4.31).

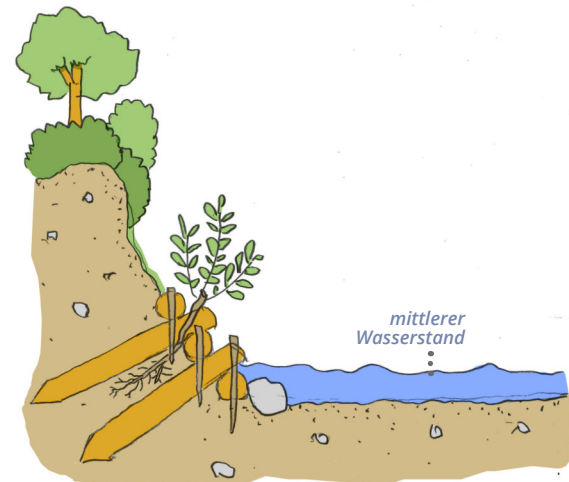


Abb. 82: Schema Krainerwand mit einer Entwicklung nach drei Monaten (TUD 2025 nach WBW o. J.: 73, Abb. 4.34).

b.) Faschinen

- Es handelt sich um zusammengebundene Astbündel, entweder aus Lebendmaterial (Weidenruten) oder aus Zweigen nicht stockausschlagsfähiger Gehölzarten (Totfaschine) und dienen dem Schutz der Wasserwechselzonen.
- Garantieren Ufersicherung sofort nach Einbau.
- Wurzelnde Faschinen festigen den Unterboden, Weidenaustriebe werden bei Hochwasser schützend ans Ufer gedrückt.
- Totfaschinen schützen Wurzeln der dahinter gepflanzten Junggehölze (WBW o. J.: 46–49).
- Lebendfaschinen werden während der Vegetationsruhe eingebaut, während Totfaschinen ganzjährig verbaut werden können.
- Die Bauweise ist schnell und einfach.
- In der Anwuchsphase ist die regelmäßige Kontrolle der Befestigungen sowie ggf. ein periodischer Rückschnitt des Weidensaumes notwendig (Ebd.).
- Faschinen stellen zunächst vielfältige Lebensräume für Land- und Wassertiere dar.
- Werden sie über längere Strecke eingebaut, können allerdings artenarme Weidensaume entstehen. Deshalb ist eine abschnittsweise Uferaufweitung und ein abschnittsweiser Faschinenbau nötig.
- Bei kleinen begründigten Flüssen und Bächen stellen sie zudem eine Gewässerbetteinengung dar, weswegen vorher eine Uferaufweitung angestrebt werden sollte (Ebd.).

c.) punktuelle Ufersicherungen - Steckhölzer/ Einzelpflanzungen:

- Stockausschlagsfähige, ein- oder mehrjährige Äste oder Stangen haben eine Länge von 30 bis 60 cm und einer Dicke von 2 bis 8 cm.
- Sie werden in Uferböden so tief eingebracht, dass sie nur noch zu etwa 1/4 herauschauen.
- Die Wurzeln dienen als Uferstabilisierung.
- Sie können als Einzelpflanzungen wie Prallbäume wirken und somit auch die Sohlstruktur diversifizieren.
- In Kombination mit Steinen sind sie als begrünte kleine Steinschüttung einsetzbar.
- Je nach angestrebter Aufwuchsdichte stehen 1 bis 5 Hölzer/m² in unregelmäßigen Abschnitten.
- Eine schnelle Verschattung der Umgebung wird erreicht (WBW o. J.: 65–68).
- Der Einbau findet während der Vegetationsruhe statt. Zur Pflege muss ggf. artenselektiv ausgelichtet werden (Ebd.).

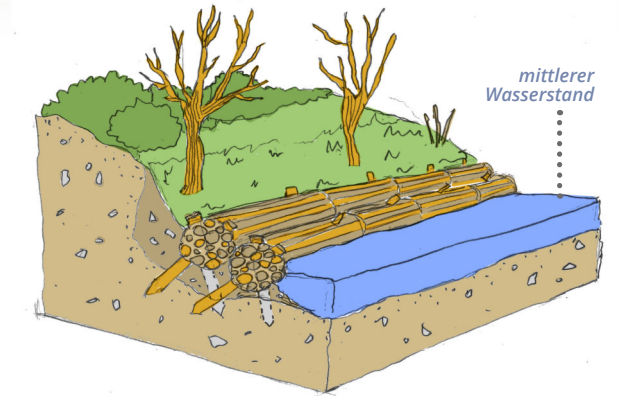


Abb. 83: Schema Faschine im Herstellungszustand (TUD 2025 nach WBW o. J.: 46, Abb. 4.2).

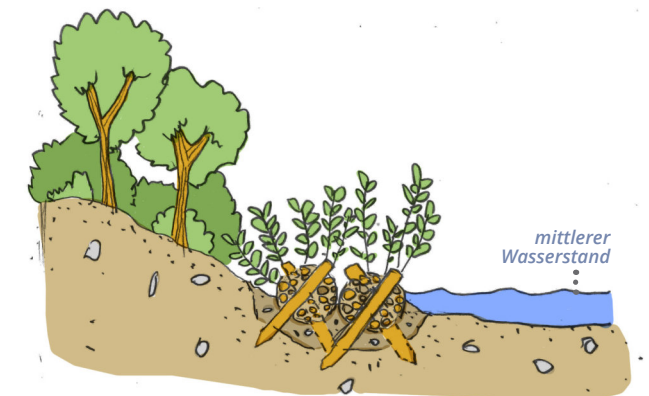


Abb. 84: Schema Faschine mit einer Entwicklung nach drei Monaten (TUD 2025 nach WBW o. J.: 48, Abb. 4.5).

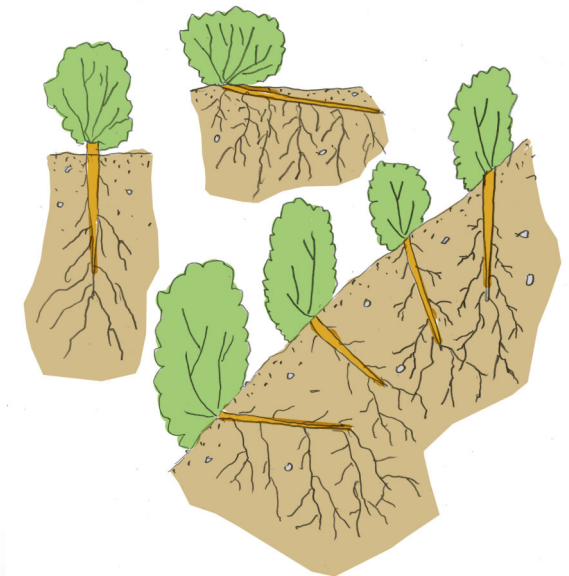


Abb. 85: Schema des Einsetzens von Steckhölzern (TUD 2025 nach Hacker o. J.: 10).

d.) schlafende Sicherungen:

- Zunächst kommt es zur Festlegung eines Gewässerentwicklungskorridors, in dem eine eigendynamische Entwicklung des Fließgewässers stattfinden darf.
- Nun findet der Einbau von Setzstangen oder Steckhölzern an der Innengrenze des Korridors statt, um dahinter liegende Uferbereiche vor weiterer und später einsetzender Erosion zu schützen.

- Werden Setzstangen als schlafende Sicherung gewählt, wird ein Graben ausgehoben, dessen tiefster Punkt auf Höhe des zukünftigen Mittelwasserspiegels liegt. Dabei sollte der Lebendverbau Verwendung finden und Steinschüttungen als zukünftige Fußsicherung angelegt werden (WBW o. J.: 25).

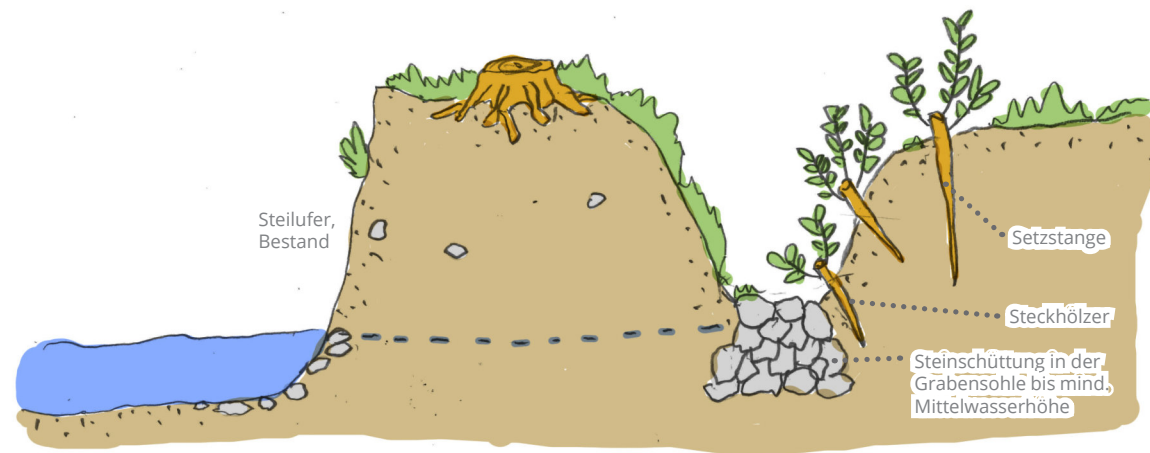


Abb. 86: Schematische Darstellung der schlafenden Ufersicherung. Als Lebendverbau wurden Weidenstecklinge- und hölzer gewählt (TUD 2025 nach WBW o. J.: 25, Abb. 2.37).

Beispiele geeigneter Gehölze für ingenieurblogische Bauweisen: (vgl. WBW o. J.: 35–37)

Salix purpurea (Pupur-Weide)



(Sten Porse, CC BY-SA 3.0)

Salix alba (Silber-Weide)



(Josep Gestí, CC BY-SA 4.0)

Salix viminalis (Korb-Weide)



(Jerzy Opióła, CC BY-SA 4.0)

Salix fragilis (Bruch-Weide)



(Anne Burgess, CC BY-SA 2.0)

Salix triandra (Mandel-Weide)



(Wiki Commons, CC0)

Tool O3: Maßnahmengruppe Revitalisierung bzw. Optimierung des Gewässerrandstreifens



O 3.1: gehölzbestandener Gewässerrandstreifen

Nachteile durch gehölzfreie Gewässerrandstreifen:

- Das ungeschützte Auftreffen der Sonneneinstrahlung führt zu einer unnatürlich hohen Wassertemperatur.
- Durch das Lichtangebot erhöht sich auch die Primärproduktion von Pflanzen um 90%, was zu Verkräutung, Verschlammung, Algenwuchs,

hohem O²-Verbrauch und Zurückdrängen der Artenvielfalt führt.

- Das Ergebnis ist ein unnatürlich schmaler und tiefer Gewässerdurchschnitt, da die Wurzeln der homogenen Krautpflanzen Strukturbildungsprozesse im Gewässer verhindern (SMEKUL o. J.: Gewässerrandstreifen mit natürlicher Vegetation).



Abb. 87: Das Ufer der Parthe. Aufgenommen von der A14 aus, Blick flussabwärts Richtung Wolfshain. Deutlich zu erkennen ist der frisch gemähte Krautsaum am rechten Ufer sowie ein fast vollständig verkräuteter Flusslauf. Schattenspendende Gehölze stehen nur auf der linken Uferseite. (Google Maps, Aufnahmedatum 2009)



Abb. 88: Flussabschnitt des vorherigen Bildes aus der Vogelperspektive aus dem Jahr 2023. Auf der linken Uferseite stehen nur noch vereinzelte Gehölze, auf der rechten Uferseite fehlen sie weiterhin. Eine dichte Verkräutung ist stellenweise zu erkennen. (GeoSN, Aufnahmedatum 2023)

Vorteile der Gewässerrandstreifen mit Gehölzaufwuchs:

- Eine Verschattung führt zu 70 bis 90% weniger direkter Sonneneinstrahlung, wodurch die Tageshöchsttemperatur des Wassers um 3 bis 5 °C sinken kann. Das reduziert sowohl die Verdunstung als auch die Austrocknungsgefahr.
- Ein Verkräutern oder Veralgen entfällt, stattdessen bildet sich ein wertvoller Biofilm auf Steinen und Totholz.
- Es finden natürliche Strukturbildungsprozesse durch Totholz- und Laubeintrag statt, was

wiederum zu mehr Mikrohabitaten und einer deutlich größeren Artenvielfalt führt.

- Zudem wird eine höhere Puffer- und Rückhaltleistung gegenüber Stoffeinträgen bewirkt als durch einen einfachen Grünland-Randstreifen
- Wird Randstreifen während des Hochwassers überflutet, dienen die Gehölze als Strömungsbrecher (auenähnliche Funktionen) (SMEKUL o. J.: Gewässerrandstreifen mit natürlicher Vegetation).

optimaler Aufbau eines Gewässerrandstreifens:

- Strukturierung in zwei, im besten Falle drei Zonen mit unterschiedlichen Funktionen
- Zone 1 und 2 sollten dabei vorzugsweise

mindestens fünf Meter Breite haben

- bei starker Hangneigung sollte pro Prozent Neigung 1m an Breite hinzugerechnet werden (Allianz Gewässerschutz 2020: 8)

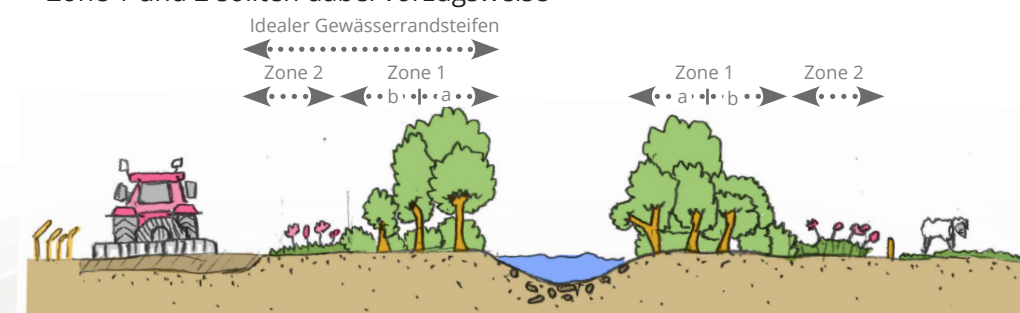


Abb. 89: Schema eines optimalen zonierten Gewässerrandstreifens (TUD nach Allianz Gewässerschutz 2020: 8, Abb. 1).

- **Zone 1:** Gehölzzone mit allen zuvor beschriebenen Vorteilen für Flora, Fauna und Fließgewässer (*Allianz Gewässerschutz 2020: 9*)
- **Zone 1a:** streckenweise aufgelockerte, zum Teil unterbrochene direkt ans Gewässer angrenzende Gehölzzone mit unterschiedlicher Altersstruktur (*Ebd.*)
- **Zone 1b:** Anschlusszone an 1a mit optionaler wirtschaftlicher Waldnutzung bezieht sich auf gesamten grundwassernahen Uferbereich (*Ebd.*)
- **Zone 2:** Stauden- und Graszone mit standortabhängiger Nutzung und Mahd (*Ebd.*)
- Für die Anpassungen am Gewässerrandstreifen sollte Zone 1 priorisiert betrachtet werden, da sie für die Wirksamkeit am wichtigsten ist (*Ebd.: 14*).

a.) Initialpflanzungen geeigneter Gehölze: (vgl. *WBW o. J.: 36; Allianz Gewässerschutz 2020: 17*)

Alnus glutinosa
(Schwarz-Erle)



(Wiki Commons, CC0)

Fraxinus excelsior
(Gewöhnliche Esche)



(Krzysztof Kenraiz, CC BY-SA 4.0)

Ulmus laevis (Flutter-Ulme)



(Wiki Commons, CC0)

Prunus spinosa (Schlehe)



(Jonathan Billinger, CC BY-SA 2.0)

Corylus avellana (Haselnuss)



(CZuser, CC BY-SA 4.0)

Rosa canina (Hundsrose)



(Wiki Commons, CC0)

- **weitere Gehölze:** *Carpinus betulus* (Hainbuche), *Euonymus europaeus* (Pfaffenhütchen), *Quercus robur* (Stieleiche), *Viburnum opulus* (Schneeball), *Cornus sanguinea* (Roter Hartriegel), u.a.
- moderates abschnittsweises Auslichten alle 10–15 Jahre: dabei Förderung unterschiedlicher Dichtezonen und Altersstufen sowie Offenhaltung einzelner Bestandeslücken als Zuwegungen für Gewässerunterhalt
- einzelne besonders starke Bäume sollten durch Kleinhaltung der Konkurrenz gefördert werden, denn sie dienen als Stabilitätselement und besonderer Schattenspender
- kein auf-den-Stock-setzen, da die Randstreifen dadurch instabil werden
- Pflegeeingriffe werden während der Vegetationsruhe von Oktober bis Ende Februar vorgenommen (*Allianz Gewässerschutz 2020: 19*)

b.) Erweiterung des Gewässerrandstreifens zu einem Gewässerentwicklungskorridor:

- Die Fläche, die ein Entwicklungskorridor benötigt, gibt Hinweise auf den Flächenbedarf des Fließgewässers für naturnahe eigendynamische Entwicklung.
- Ermittelt wird der Flächenbedarf des Korridors z.B. nach einer in NRW entwickelten Methode, wobei auf Grundlage von Orthophotos, Gefälledaten, Vor-Ort-Kartierungen und Daten der LAWA-Fließgewässertypen zunächst die Flächen einer minimalen und maximalen potenziellen Korridorausdehnung ermittelt werden. Das basiert nur auf

gewässermorphologischen Parametern (vgl. *UIH 2011: 7; 43–45*). Danach werden die angepassten Korridorflächen anhand von Restriktionsbereichen (Deich- und Eisenbahnlinien, klassifizierte Verkehrswege, Siedlungsbereiche) ermittelt (vgl. *UIH 2011: 46–48*).

- Die Abgrenzung des Korridors von angrenzenden Landnutzungen wird z.B. über zuvor erläuterte „schlafende Sicherung“ gewährleistet (*UBA 2019: Flächenbereitstellung für Gewässerrenaturierungen*).



Abb. 90: Darstellung des minimalen Entwicklungskorridors (gelb) und des weiträumigen Entwicklungskorridors (rot) am Beispiel eines Gewässerabschnittes der Bode (TUD 2025 nach UIH 2011: 46, Abb. 25).



Abb. 91: Darstellung des angepassten Entwicklungskorridors am Beispiel eines Gewässerabschnittes der Bode (TUD 2025 nach UIH 2011: 47, Abb. 26).



Abb. 92: Gewässerentwicklungskorridor in Iowa, USA (Wiki Commons, USDA, CC0).



Abb. 93: Gewässerrandstreifen in Ohio, USA. (Wiki Commons, USDA, CC0).



Exkurs Beispielstrategien zur Flächenbereitstellung:

- Die Gewässerentwicklung/-revitalisierung braucht Platz und sollte stets in Abstimmung mit den jeweiligen Nutzungsinteressen geschehen. Über verschiedene Instrumente können dabei Einigungen getroffen und Flächen für Entwicklungsmaßnahmen gesichert werden (vgl. uba 2019: Flächenbereitstellung für Gewässerrenaturierungen).

Flächenkauf durch Gewässerunterhaltungspflichtige oder öffentliche Hand:

- Auf diese Weise ist die langfristige Gewässerplanung und Flächensicherung möglich, da keine Restriktionen bezüglich der Flächenentwicklung bestehen. Der Vorteil besteht demzufolge in der hohen Rechtssicherheit. Allerdings ist die Einigung mit den Flächenbesitzern u.U. schwierig.

Flächentausch:

- Eigentümer von landwirtschaftlichen Flächen ziehen oft den Flächentausch einem Flächenverkauf vor. Realisieren lässt sich dies über einen freiwilligen Landtausch oder ein vereinfachtes Flurbereinigungsverfahren nach Flurbereinigungsgesetz (FlurbG), Paragraph 86, Abs. 1, Satz 1.

Flächenpachtverträge:

- Über Pachtverträge kann die Festlegung von tolerierter Gewässerentwicklung in Verbindung mit einer gewissen Nutzungsintensität vereinbart werden. Besonders geeignet ist dies bei angestrebter Nutzungsextensivierung von Flächen (vgl. uba 2019: Flächenbereitstellung für Gewässerrenaturierungen).

Vertragsnaturschutz:

- Es können zudem Verträge zwischen Landnutzern (z.B. landwirtschaftlichen Betrieben, Waldbesitzern oder anerkannten Naturschutzverbänden) und dem Bundesland (vertreten durch das Umweltamt) geschlossen werden. Geprüft wird schließlich die Einhaltung der Bewirtschaftungsauflagen durch Maßnahmenkontrollen. Vorteil ist eine jährliche Vergütung für die Flächenbesitzer (Ifu o. J.: Vertragsnaturschutz).

Städtebaulicher Vertrag:

- Auch ein städtebaulicher Vertrag kann zur Flächensicherung geeignet sein, wenn die Renaturierungsmaßnahmen im Rahmen der Eingriffskompensation der Bauleitplanung angerechnet werden können. Dafür dienlich können Ökokonten und Flächenpools sein (vgl. uba 2019: Flächenbereitstellung für Gewässerrenaturierungen).

Ökokonto:

- Ökokonten sollen der Verbesserung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung dienen.
- Sie beinhalten einen Pool an Kompensationsmaßnahmen, die noch vor dem Eingriff in Natur und Landschaft durchgeführt werden (SMEKUL o. J.: Ökokonto, Kompensationsflächenkataster).
- Dabei werden Ökokontomaßnahmen in Ökopunkte als Werteinheit umgerechnet (HfWU o. J.: FAQ-Ökokonto).
- Auf Ökokontoflächen können Ausgleichsmaßnahmen vor einem Eingriff schon umgesetzt werden (uba 2019: Flächenbereitstellung für Gewässerrenaturierungen).
- Ab dem Zeitpunkt der Umsetzung einer Aufwertungsmaßnahme nehmen Ökopunkte jährlich (und max. über zehn Jahre) um drei Prozent zu bis die Zuordnung zu einem Eingriffsvorhaben erfolgt ist.
- Ökopunkte können auch an Eingriffsverursacher verkauft werden, wenn dieser Kompensationsmaßnahmen nachweisen muss (HfWU o. J.: FAQ-Ökokonto).

Flächenpool:

- Bei der Flächenpoolkonzeption können Eigentümer Flächen an Investoren verkaufen, die wiederum Flächen für Kompensationsmaßnahmen z.B. im Zuge eines Bauvorhabens benötigen (SMEKUL o. J.: Ökokonto, Kompensationsflächenkataster).
- Im Unterschied zur Ökokontofläche sind auf einer Poolfläche aber noch keine Maßnahmen vor dem Eingriff umgesetzt (uba 2019: Flächenbereitstellung für Gewässerrenaturierungen).
- Die Vermittlung von Flächen findet über das Kompensationsflächenkataster durch die Ökoflächenagentur Sachsen beim Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement (SIB) statt (SMEKUL o. J.: Ökokonto, Kompensationsflächenkataster).

Tool O4: Maßnahmengruppe Um- oder Rückbau von wasserabführenden Drainagen auf bestandsfeuchten Acker- und Grünlandstandorten

Exkurs Probleme durch Drainierung von Acker- und Grünland:

- Ein Nachteil ist die Absenkung des lokalen Grundwasserpegels und die Reduzierung der Grundwasserneubildung, denn durch ein schnelles Ableiten des Niederschlagswassers nimmt die Wassersättigung der umgebenden Bereiche ab.
- Durch die Wasserableitung aus den Böden fallen Gräben im Sommer oft trocken und das Wasserversorgungssystem durch kapillaren Aufstieg bricht zusammen. Das führt wiederum zu einer Austrocknung des Oberbodens (Koch o. J.: 4-5, 9).
- Außerdem werden durch die Entwässerung Bodenporen belüftet, woraufhin sich das Edaphon (die Gesamtheit der Bodenorganismen) ausbreitet und vermehrt zuvor konserviertes organisches Material verstoffwechselt bzw. mineralisiert. Es kommt zum Austreten von Nitrat in Grundwasser und Vorfluter sowie zur Freisetzung von CO₂ und N₂O in die Atmosphäre. Das beschleunigt nicht nur den Klimawandel, es setzt auch ein Art „Teufelskreis“ in Gang. Denn mineralisierter Boden ist dichter als organischer Boden, was zu einem Absinken Richtung Grundwasser und einer erneuten Vernässung führt. Nun ist eine verstärkte Entwässerung nötig.
- Im Durchschnitt ist der Boden seit dem 20. Jahrhundert durch ständige Entwässerung um einen Meter abgesunken (Pferdegrünland 2020: Strategien. Das Wasser in der Landschaft behalten).
- Zudem kommt es zur Erhöhung der Hochwassergefahr in den Vorflutern durch gezieltes Ableiten des Niederschlages (Koch o. J.: 4-5).



Wirkungen des Drainagerückbaus:

- günstige Wirkung auf Grundwasserneubildung:** Durch gesteigerte Infiltration auch im direkten Umkreis der ehemaligen Drainagen wird die Grundwasserneubildung erhöht und führt bestenfalls zur einer Stabilisierung des Landschaftswasserhaushaltes durch den Aufbau eines kleinmaschigen Retentionsnetzes.
- zusätzlicher Hochwasserrückhalteraum:** Durch hydraulische Vernetzung der Grabenspeicher

und Nasswiesen wird die Flutwelle der Fließgewässer im Hochwasserwall in die Breite abgeleitet, was einer räumlichen und zeitlichen Entzerrung des Wasserabflusses durch zusätzliche Rückhalteräume entspricht.

- günstige Wirkung auf die chemische Qualität der Gewässer:** Durch die Versickerung vor Ort und die Oberbodenpassage kann es zu einer Verringerung der Auswaschung von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffen in die Fließgewässer und einer langfristigen Erhöhung der ökologischen Vielfalt von Fauna und Flora kommen (Koch o. J.: 10-11).



Beispiele Fördermöglichkeiten:

Landesförderprogramm Sachsen:

- „Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen“ (AUK/2023) – GL2b „Neues Dauergrünland aus Ackerland in Überflutungsaue und auf Moorflächen“ (Fördersatz 2.943 €/ha).
- „Förderrichtlinie Gewässer/Hochwasserschutz RL GH/2018“: Schutz vor Hochwasser – Wasserrückhaltevermögen (Fördersatz <75%) (vgl. LfULG o. J.: RL GH/2018 Förderübersicht)

EU-Förderprogramm:

- Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) fördert u. a. Hochwasserrisikomanagement: dadurch stehen für Sachsen im Förderzeitraum 2021–2027 etwa 1,95 Milliarden Euro zu Verfügung (SMWA 2024: der Europäische Fonds für regionale Entwicklung).



a.) Umbau von Drainagegräben zu Wasserspeichern (Grabenspeicher):

- Durch die Umkehr des Gefälles ("Gefällekipfung") weg vom Vorfluter und zurück in die Fläche kann ein ehemaliger Graben zum Grabenspeicher werden. Dabei liegt die Sohle des Grabenspeichers tiefer und hat mindestens 0,2% mehr Gefälle als die Sohle des Vorfluters. Durch ingenieurbologischen Uferverbau kann allerdings im Vorfluter eine Drosselfunktion erreicht werden.
- Wenn der Wasserstand im Vorfluter über die Mittelwasserlinie ansteigt, kann durch die Drosselwirkung ein Stauereffekt entstehen, der die Grabenspeicher aktiviert. Das ist ein kostengünstiger und naturnaher Hochwasser-Schutz, dessen hydraulische Wirkung einem ungesteuerten Hochwasserrückhaltebecken gleichkommt.
- Bei einem Hochwasserereignis mit einem Wasserstand, der ein Meter höher liegt als der Normalwasserstand können in Grabenspeichern mehrere 100 m³ Wasser gespeichert werden – je nach Länge und Breite des Speichers (Koch o. J.: 6-7).
- Ein Ausbau ist auch als Grabenteich oder länglicher Grabenspeicher möglich. Eine Senkenanlage geschieht jeweils z. B. mit Hilfe eines Minibaggers.
- Angelegt wird schließlich ein trapezförmiges Grabenprofil mit einer Grabenkrone von etwa 2 Metern Breite und einer Grabensohle von etwa 1 Meter Breite. Dabei fördert die flache und dynamische Uferausbildung die Entstehung von Mikrohabitaten.
- Bewährte Wasserflächengrößen liegen zwischen 20 und 100 m². So können in einem etwa 100 Meter langen Grabenspeicher bis zu 600 m³ Wasser gespeichert werden.
- Pflage-technisch ist ggf. eine Entschlammung alle zehn bis 12 Jahre notwendig (Ebd.).



Abb. 94: Feuchtgebiete dienen als wertvoller Wasserspeicher in der Landschaft und erhöhen gleichzeitig die Biodiversität. (TU Dresden).



Abb. 95: Lineare Grabenspeicher können nicht nur als Wasserspeicher, sondern auch als Trittsteinbiotope fungieren (TU Dresden).

- Anders als in Drainagegräben ist die Wasserführung in Grabenspeichern konstanter. Somit bleibt die kapillare Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet.
- Im Frühjahr, Herbst und Winter fungiert der Grabenspeicher als Wasserrückhalteraum
- Im Sommer wiederum fungiert er als Wasserspender in Trockenphasen.
- Flächendeckend umgesetzt kann so ein Netz aus naturnahen Rückhalteräumen und ökologisch wertvollen Kleingewässern entstehen (Koch o. J.: 8-9).

b.) Rückbau der Drainagen und Entwicklung der Fläche zu Feucht- und Nasswiesen mit standortangepasster Nutzung

Nutzung durch extensive Mahd:

- Notwendig sind dafür die mehrmalige Mahd pro Jahr und ein Abtransport des Mähgutes in den ersten Jahren nach Rückbau der Drainage, besonders wenn Ackerflächen in Feuchtgrünland umgewandelt werden.
- Eine Etablierung standorttypischer Flora kann durch Aussaat von Spenderflächen beschleunigt werden.
- Nach Etablierung der Feuchtwiese kann eine zweischürige Mahd inkl. Abtransport des Mähgutes (Ende Mai/Juni und Spätsommer) unter Berücksichtigung der Brutzeiten von Wiesenvögeln angestrebt werden.
- Bei nährstoffarmen kleinseggenreichen Sumpfdotterblumen-Wiesen reicht eine Mahd pro Jahr, ggf. auch nur eine Pflegemahd alle zwei Jahre. Dabei sollte sie abschnittsweise von innen nach außen und zeitlich gestaffelt erfolgen (NLWKN 2011: 11-12).

Nutzung durch extensive Beweidung:

- Eine extensive Beweidung erhöht die floristische Artenvielfalt, z.B. das Prinzip der Standweide (von Frühjahr bis Herbst oder ganzjährig). Diese ist gut geeignet für feuchte Flächen > 30 ha.
- Durch Beweidung entstehen u.a. Vegetationsinseln durch für Weidetiere ungenießbare Pflanzen, welche als Mikrohabitate zur Verfügung stehen. Floristische Wiesen-Offenlandarten bleiben so erhalten.
- Auf kleineren Flächen kann es durch längere Besatzzeiten allerdings zu floristischem Artenverlust kommen. Dort sollte keine Nachmahd durchgeführt werden.
- Geeignete Weidetiere auf feuchten Standorten sind Rinder, Pferde oder auch Wasserbüffel. Weniger gut geeignet sind dagegen Schafe und Ziegen (vgl. ANL o. J.: Beweidung von feuchtem, nährstoffreichem Offenland).

c.) Nutzungsaufgabe bestandsfeuchter Acker- und Grünlandstandorte und Rückführung in nutzungsfreie Feucht- und Nasswiesen



Abb. 96: Feuchtwiese mit wiederkehrender Überflutung. (TU Dresden)

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Zunächst wird die Resilienz des Landschaftswasserhaushaltes gegenüber Wetterextremen gesteigert, da die Revitalisierung naturnaher Fließgewässerstrukturen die Auswirkungen von Starkregen mit einhergehenden Hochwassern insofern reduzieren, als dass den Gewässern mehr Raum und Möglichkeiten für eine eigendynamische Entwicklung gegeben wird. Zusätzlich sorgt der Umbau von Drainagegräben in Grabenspeicher oder der gänzliche Rückbau mit folgender Etablierung von Feucht- und Nasswiesen für einen gesteigerten Wasserrückhalt in der Fläche und der Steigerung der Resilienz gegenüber Trockenheit. Fließgewässer sind ein Teil des Landschaftswasserhaushaltes. Durch eben jene eigendynamische Entwicklung kann sich bis zu einem gewissen Grad die Austrocknungsgefahr der Fließgewässer reduzieren. Die Grabenspeicher und Nasswiesen tragen zudem zur Grundwasserneubildung bei und erhöhen somit die Robustheit der Trinkwasserressourcen, was sich wiederum indirekt positiv auf die Sicherheit der Trinkwassergewinnung innerhalb der Kommune auswirkt.



Wälder und Forsten

Klimaresilienter Waldumbau	84
Tool P1: standort- und trockenheitsangepasster Waldumbau.....	85
Nutzungsanpassung von vernässungsgefährdeten Forsten.....	87
Tool Q1: Umbau bzw. Extensivierung forstwirtschaftlicher Nutzung	87

Klimaresilienter Waldumbau



Wirkungen gesunder Wälder:

- **Wasserrückhalt von Wäldern über das Jahr:** Steigt der Waldbedeckungsgrad einer Fläche oder Region von 10% auf 70% ist das Retentionsvermögen im Schnitt um 50% höher. Dabei ist wiederum der Wasserrückhalt im Sommer um 25% höher als im Winter.
- **Regulierung von Verdunstung und Versickerung:** Ein gesunder Wald hat eine sehr hohe Verdunstungs- sowie Versickerungsleistung. Bis zu 70% des

Jahresniederschlags wird wieder an die Atmosphäre abgegeben und kann das Lokalklima verbessern. Stammabflüsse reichern zudem den Bodenwasserspeicher an, wobei unter Laubbäumen die Sickerwasserspende besonders hoch ist, höher als unter Nadelbäumen. Zum Beispiel verdunsten Buchen bis zu 50% des Niederschlags bei gleichzeitig hohem Stammabfluss (bis zu 19-mal höher als bei Kiefern) und hohen Sickerwasserraten durch geringe Evaporation und starke Beschattung des Bodens (Reise et. al 2020: 5–10).

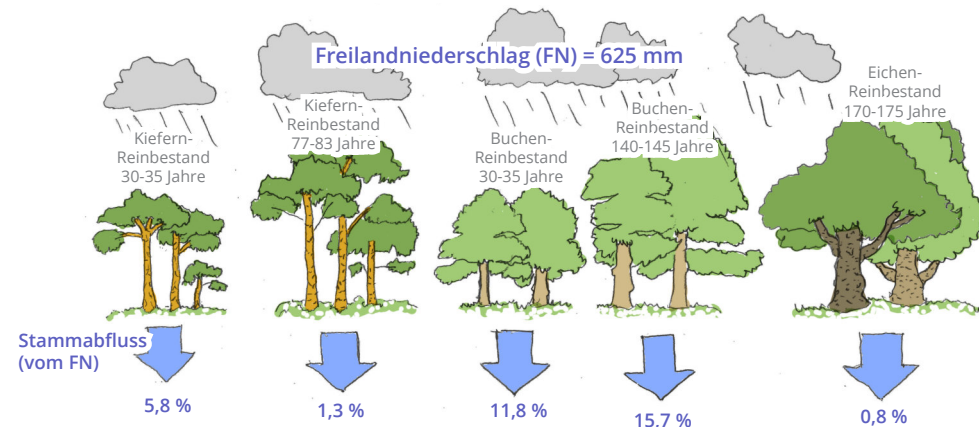


Abb. 97: Stamm-Abflussraten im Verhältnis zu Jahresniederschlag, Baumart und -alter. Ein alter Buchenreinbestand hat die höchsten Stamm-Abflussraten. (TUD 2025 nach Reise et. al: 10, Abb. 3-1).



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- **Landesförderprogramm Sachsen:** „Förderrichtlinie FRL Wuf/2023: Wald und Forstwirtschaft“
- **Bundesförderprogramm:** "Förderprogramm klimaangepasstes Waldmanagement"



rechtlicher Rahmen:

- Waldgesetz für den Freistaat Sachsen (SächsWaldG): §§ 17 und 18 Paragraph, Abs. 1, Satz 2, 4, 5, 7 und 8
- Bundeswaldgesetz: hier besonders § 1
- Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG)

Richtlinien und Leitfäden:

- Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (WBW): „Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates für Waldpolitik“

- Bayrische Staatsforsten: "Waldbauhandbuch Bayrische Staatsforsten. Richtlinie zur Baumartenauswahl"
- Veröffentlichungen der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung zu Maßgaben und Regelungen des Forstlichen Vermehrungsgutes
- LfULG: "Förderfähige Baumarten für Waldumbau und Erstaufforstung",
- LfULG: "Herkunftsgebiete und Herkunftsempfehlungen für forstliches Vermehrungsgut im Freistaat Sachsen"
- LfULG: "Richtlinie zu den Waldentwicklungstypen im Staatswald des Freistaates Sachsen"

Tool P1: standort- und trockenheitsangepasster Waldumbau



- Bestehende Baumarten- und Herkunftspalette heimischer Baumarten sollte genutzt und wo nötig auch alternative Baumarten eingebracht werden.
- Eine der erfolgsversprechendsten Strategien im Klimawandel ist die Risikostreuung durch Diversifizierung in der Artenmischung, der Alterstruktur und der genetischen Ausstattung (STMELF 2020: 5–8).
- Pro Waldbestand sollten mindestens vier (Wirtschafts-) Baumarten zu je mindestens 5% eingebracht oder erhalten werden. Davon wiederum sollten zumindest 3 besonders klimatolerante Baumarten vertreten sein (Bayrische Staatsforsten 2020: 3).
- Grundsätzlich sollte eine vorrangige Förderung der natürlich vorkommenden Arten (pnV) mit Integration von klimarobusten Arten im genetischen Bereich der nahen Verwandtschaft der pnV-Arten (europäisch-asiatischer Konkatkbereich) erfolgen (STMELF 2020: 5–8).
- Im Aktionsraum Partheland kommt z.B. als pnV überwiegend Zittergrasseggen-Hainbuchen-Stieleichenwald vor sowie in westlichen Teilbereichen Hainbuchen-Traubeneichenwald und entlang der Parthe Traubeneichenwald und entlang der Parthe Traubeneichenwald und entlang der Parthe Traubeneichenwald (LfULG interdisziplinäre Daten und Auswertungen (iDA), Stand 7/2024).
- Es sollte grundsätzlich eine Stärkung heimischer aber seltener Baumarten stattfinden, um vorhandene Nischen besser auszunutzen.
- Der Einsatz von Alternativbaumarten (Arten, deren natürliches Verbreitungsgebiet nicht in Deutschland liegt - "assisted migration") sollte auf Flächen stattfinden, wo standorts- und klimatische Verhältnisse nicht mehr den Ökogrammen der heimischen Baumarten zugeordnet werden können. Außerdem dort, wo heimische Baumarten ein hohes Anbaurisiko und Schadniveau aufweisen und der Walderhalt nur mit Alternativarten möglich ist.
- Ein wesentlicher Zeiger für klimatische Eignung der Alternativarten ist die höhere Temperaturtoleranz. Die Temperaturtoleranzstufen sind über die mittleren Sommertemperaturen der Monate Juni bis August definiert. Die Zuordnung einer Baumart zu einer Toleranzstufe findet statt, wenn mind. 10% des Vorkommens in Regionen mit entsprechenden Sommertemperaturen liegen.
- Potenziell geeignete Alternativbaumarten kommen hauptsächlich aus Süd-Ost-Europa
- Der Anbau von Alternativbaumarten sollte zwingend unter Einbindung wissenschaftlicher Erkenntnisse nur mit ausreichend verfügbarem und nachweislich zertifiziertem Saatgut stattfinden (STMELF 2020: 5–8).

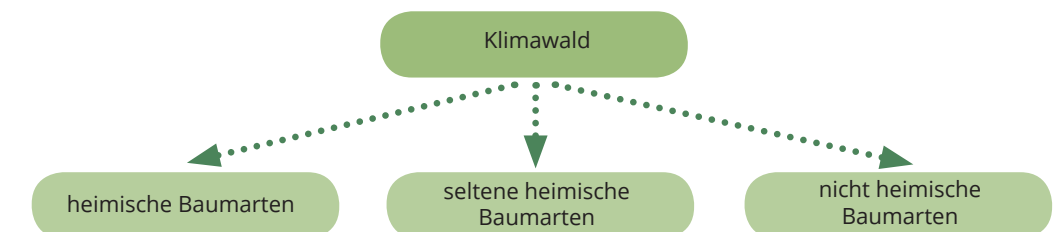


Abb. 98: Baumartenwahl für einen klimaresilienten Waldumbau. (TUD 2025 nach STMELF 2020: 5)

Beispiele geeignete Klimabaumarten:

Castanea sativa
(Eskkastanie)



(Paulo Etzeberria, CC BY-SA 3.0)

Prunus avium
(Vogelkirsche)



(Benjamin Gimmel, CC BY-SA 3.0)

Sorbus torminalis
(Elsbeere)



(Kenraiz Krzysztof Ziarnik, CC BY-SA 4.0)



Leitziel 1: Schonung der Grundwasserressourcen und Förderung ihrer Neubildung
Leitziel 2: Förderung eines resilienten Landschaftswasserhaushaltes

Leitziel 1:
Leitziel 2:

Hinweis:

- Mit Blick auf die Konzeptkarten wird deutlich, dass die gegenüber Trockenheit gefährdeten Waldbereiche in den Aktionsräumen gleichzeitig oft auch als grundwasserabhängige Biotope ausgewiesen sind und sich dementsprechend z.B. auf Bereiche des Auwaldes entlang der Parthe oder im Bereich von Standgewässern befinden.
- Grundsätzlich gelten auch auf diesen Flächen die Maßgaben des klimaresilienten Waldumbaus mit vorrangiger Verwendung und Förderung der standortgerechten pnV.
- Da besonders die Arten des Au- bzw. Feuchtwaldes auf Nässe angewiesen sind, müssen ggf. zusätzlich zum klimaresilienten Waldumbau noch weitere Maßnahmen

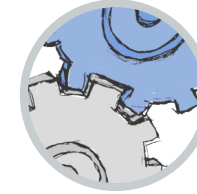
Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Die Resilienz des Landschaftswasserhaushaltes gegenüber Trockenheit wird gesteigert, da intakte klimaresiliente Wälder auf vielfältige Weise positive Auswirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt und den natürlichen Wasserkreislauf haben. Minimiert werden durch den gesteigerten Wasserrückhalt in der Fläche auch Oberflächenabflüsse und die Hochwasserentstehungsgefahr wird geringfügig gesenkt. Zusätzlich wird durch die erhöhte Versickerungsleistung ein Beitrag zur Grundwasserneubildung erreicht, sodass die Robustheit der Trinkwasserressourcen gestärkt wird, was sich wiederum positiv auf die Sicherheit der Trinkwassergewinnung innerhalb der Kommune auswirkt.

im Rahmen eines standortspezifischen Entwicklungskonzeptes ergriffen werden, die im folgenden beispielhaft kurz aufgezählt werden:

- Rückbau von Uferverbau entlang der Fließgewässer
- häufige Querableitung an Waldwegen und Anlage von Versickerungsmulden entlang der Wege
- Entfernung von Drainagen und Wiedervernässung zur Anlage von Feuchtbiotopen im Wald
- Nutzungsverzicht zur Förderung wasserspeichernder Totholzstrukturen (vgl. FVA 2008: Maßnahmen zur Umsetzung der WRRL im Wald).

Nutzungsanpassung von vernässungsgefährdeten Forsten



Wirkungen von Anpassungsmaßnahmen für vernässungsgefährdete Forsten:

- Schaffung von Retentionsräumen in der Landschaft: Feucht-, Sumpf- und Auwälder sind ausgelegt für Vernässung und Überflutung und können bei ausreichender Größe auch Starkregengemengen aufnehmen und diese besonders in sommerlichen Trockenphasen noch an die umgebende Vegetation abgeben.
- Günstige Wirkung auf dezentrale Hochwasservorsorge: Gerade im Hochwasserrisikobereich (z.B. HQ100) der Auen können auwaldartige Bestände Teil

eines dezentralen Hochwasserschutzsystems darstellen, was ohne Stoffeinträge und Gefahrenpotential überschwemmt werden kann.

- Lebensraum- und Kohlenstoffspeicherfunktion: Gerade über sommerliche Trockenperioden hinweg können grundwassergestützte Feucht-, Sumpf- und Auwälder wichtige Ausweichbiotope für stenohyrophile oder kaltstenotherme Arten (z.B. Amphibien) darstellen. Außerdem stellen gerade feuchte, humusreiche Böden und Wälder wichtige terrestrische Kohlenstoffspeicher dar.



Beispiele Fördermöglichkeiten:

- Eine Förderkultus auf langfristige strategische Anpassung der Flächennutzung im Zuge des Grundwasserwiederanstieges im Braunkohlenrevier gibt es noch nicht.

- Thematisch ist bei langanhaltender Vernässung und langfristiger Nutzungsaufgabe eine Adressierung von Fördermöglichkeiten zur Schaffung von Wildnisgebieten anzustreben. Förderprogramme greifen allerdings erst ab Mindestgrößen von 50 ha (z.B. bundesweites Förderprogramm „KlimaWildnis“).



Rechtliche Vorgaben:

- Bei der Extensivierung der Nutzung, zum Beispiel der Umnutzung von vernässungsgefährdeten Forstflächen in Feucht-, Sumpf- oder Auwälder gelten nach bisherigem Kenntnisstand keine speziellen Reglementierungen.

Tool Q1: Umbau bzw. Extensivierung forstwirtschaftlicher Nutzung

- Vernässungsgefährdete Waldflächen sollten auf lange Sicht zu naturnahen Feucht- bzw. Sumpfwäldern bzw. bei räumlichem Bezug zur Gewässeraue in einen Auwaldbestand umgebaut werden. Stark vernässte Bereiche müssen unter Umständen auf eine Bestockung verzichten. Die Bewirtschaftung kann je nach Grundwasserstand nur in eingeschränktem Maße stattfinden.

Wirkungen auf das Sicherheitsnetz der Landschaftlichen Resilienz:

Die Resilienz gegenüber den Folgen des Grundwasserwiederanstiegs steigt auf Forstflächen insbesondere durch die frühzeitige Beschäftigung mit dem Grundwasserstand, der bis 2100 in Abhängigkeit von Hydrogeologie und klimatischer Wasserbilanz unter trockenen und feuchten Verhältnissen prognostiziert wurde. Ein gezielter Waldumbau hin zu überflutungsverträglichen Baumarten und die Extensivierung der forstlichen Nutzung steigern die Elastizität der Flächen und macht sie resilient gegenüber grundwassernahen oder wechselfeuchten Verhältnissen.

Quellenverzeichnis

Literaturquellen

- ALGERMIßEN, ANDRÉ (2021): Landwirtschaft nachhaltiger gestalten. Ein Plädoyer für die Agroforstwirtschaft. Online unter: <https://www.kas.de/documents/252038/11055681/Landwirtschaft+nachhaltiger+gestalten.pdf/d5a8867c-7a6c-2056-144f-0934fb8eb48b?version=1.0&t=1618905883131>, Zugriff am: 21.07.2024.
- ALLIANZ GEWÄSSERSCHUTZ (Hrsg.) (2020): Empfehlungen für die Gestaltung von funktionalen Gewässerrandstreifen in Schleswig-Holstein. Online unter: https://www.lwbv.de/lwbv/wp-content/uploads/2021/01/Broschuere_Gestaltung-von-Gewaesserrandstreifen_2020_klein.pdf, Zugriff am: 27.06.2024.
- BAYRISCHE STAATSFÖRSTEN (Hrsg.) (2020): Waldhandbuch Bayrische Staatsforsten. Richtlinie zur Baumartenauswahl. Online unter: https://www.baysf.de/fileadmin/user_upload/04-wald_verstehen/Publikationen/Waldbauhandbuch_neu/Bayerische_Staatsforsten_Richtlinie_Baumartenwahl.pdf, Zugriff am: 12.07.2024.
- BAYRISCHE VERWALTUNG FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG (Hrsg.) (2023): Schwammdorf. Wassersensible Dorfentwicklung. Online unter: <https://klimachancen.bayern/file/f3d95f1d-aa07-497d-85ea-29054451d547.pdf>, Zugriff am: 27.05.2024.
- BIOLAND BERATUNG GMBH (Hrsg.) (2011): Hecken planen, pflanzen, pflegen. Eine praktische Anleitung für Landwirte. Online unter: https://www.bioland.de/fileadmin/user_upload/Erzeuger/Fachinfos/Merkblaetter/Hecken.pdf, Zugriff am: 23.06.2024.
- [BLE] BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (2024): Hecken auf Äckern und Weiden. Klima- und Artenschutz? Online unter: <https://www.praxis-agrar.de/klima/landwirtschaft-und-klimaschutz/hecken-in-der-landwirtschaft-klima-und-artenschutz#:~:text=Kohlenstoffsenken%20in%20der%20Landwirtschaft,Artenvielfalt%20und%20sch%C3%BCtzen%20vor%20Bodenerosion>, Zugriff am: 23.06.2024.
- [BUGG] BUNDESVERBAND GEBÄUDEGRÜN E. V. (Hrsg.) (2020): Gebührenreduktion für Dachbegrünungen bei der Gesplitteten Abwassergebühr. Online unter: https://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/gruen/Dachbegrueung/WirkungVorteileFakten/Foerderung/2020/Staedte_mit_Reduktion_Gesplittete_Abwassergebuehr_122020.pdf, Zugriff am: 05.06.2024.
- BLUEGREENSTREETS (Hrsg.): BlueGreenStreets Toolbox – Teil A. Multifunktionale Straßenraumgestaltung urbaner Quartiere. Hamburg, 2022.
- [BMEL] BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (o. J.): Förderbereich 4. Markt- und standortangepasste sowie umweltgerechte Landbewirtschaftung einschließlich Vertragsnaturschutz und Landschaftspflege. Online unter: https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_laendliche-Regionen/Foerderung-des-laendlichen-Raumes/GAK/Foerderbereich4-24.pdf?__blob=publicationFile&v=7, Zugriff am: 19.06.2024.
- [BMLFUW] BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2014): Fließgewässer erhalten und entwickeln. Praxisfibel zur Pflege und Instandhaltung. Online unter: [https://info.bml.gv.at/dam/jcr:55e761da-3393-48a4-9e8b-9dfb62bb6210/Fliessgew%C3%A4sser%20erhalten%20und%20entwickeln_Prasixfibel_14_kl%20\(2.%20Auflage\).pdf](https://info.bml.gv.at/dam/jcr:55e761da-3393-48a4-9e8b-9dfb62bb6210/Fliessgew%C3%A4sser%20erhalten%20und%20entwickeln_Prasixfibel_14_kl%20(2.%20Auflage).pdf), Zugriff am: 26.06.2024.
- BÖHM, CHRISTIAN; HÜBER, RICO (Hrsg.) (2020): Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen. Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland. Online unter: <https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2020/03/Innovationskonzept-Agroforstwirtschaft.pdf>, Zugriff am: 21.07.2024.
- DEUMELANDT, PETER; KASIMIR, MARIA; STEININGER, MICHAELA; WURBS, DANIEL (2014): Beratungsleitfaden Bodenerosion und Sturzfluten. Lokale Kooperation zwischen Landwirten und Gemeinden sowie weiteren Akteuren zur Vermeidung von Bodenerosion. Online unter: https://lvwa.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/LVWA/LVWA/Dokumente/4_landwirtschaftumwelt/4kke/Klikominfo_Webseite/14_berat-leitfaden_bo-erosion_sturzflut.pdf, Zugriff am: 22.06.2024.
- DEUTSCHMANN, BJÖRN; BARDELMEIER, MARIE; DEMBINSKI, MICHAEL (2023): Unterhaltung von naturnahen Regenrückhaltebecken (RHB). Arten- und Biotopschutz richtig berücksichtigen – ein Leitfaden. Online unter: <https://www.hamburg.de/contentblob/17307824/3fb3e325c91d9a03f7360338d10c583b/data/leitfaden-naturnahe-rueckhaltebecken-2023.pdf>, Zugriff am: 14.06.2024.

- DICKHAUT, WOLFGANG; ESCHENBACH, ANNETTE (Hrsg.) (2019): Entwicklungskonzept Stadtbäume. Anpassungsstrategien an sich verändernde urbane und klimatische Rahmenbedingungen. Online unter: <https://fiona.uni-hamburg.de/3573328e/sik-entwicklungskonzept-stadtbaeume.pdf>, Zugriff am: 13.06.2024.
- [DVL] DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE (DVL) E. V. (Hrsg.): Landschaftselemente in der Agrarstruktur. Entstehung, Neuanlage und Erhalt. Arnsbach, 2006.
- [DWA-A 138-1] DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (Hrsg.): DWA-Regelwerk. Arbeitsblatt DWA-A 138-1. Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser Teil 1. Planung, Bau, Betrieb. Hennef, 2020.
- [DWA-M 550] DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (Hrsg.): Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. Hennef, 2015.
- [DWA-M 612] DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (Hrsg.): Gewässerrandstreifen – Uferstreifen – Gewässerentwicklungskorridore. Grundlagen und Funktionen, Hinweise zur Gestaltung, Beispiele. Hennef, 2020.
- [DWA-M 153] DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (Hrsg.): Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Hennef, 2020.
- [FIBL] FORSCHUNGSINSTITUT FÜR BIOLOGISCHEN LANDBAU (Hrsg.) (2014): Reduzierte Bodenbearbeitung. Umsetzung im biologischen Landbau. Online unter: <https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1652-bodenbearbeitung.pdf>, Zugriff am: 19.06.2024.
- GRÜNING, H.; PECHER, K. H. (2021): Kanalnetzplanung und Überflutungsvorsorge, 2. Auflage, Essen 2021, online unter: <https://katalog.slub-dresden.de/id/0-1787969711>, Zugriff: 06.02.2024..
- HACKER, EVA (o. J.): Ingenieurbiologische Grundlagen für technisch-biologische Ufersicherungen. Online unter: https://izw.baw.de/publikationen/alu/0/hacker_ingenieurbiol_grundlagen_21_11_2013.pdf, Zugriff am: 26.06.2024.
- HICKE, JÜRGEN; PILS, SARINA: Regenrückhaltebecken. Technisches Bauwerk oder darf es etwas mehr sein? Ein Vorschlag zur Anlage eines naturnahen Regenrückhaltebeckens. Ingolstadt, o. J.
- HOLTMANN, LISA; BRÜGGESHEMKE, JONAS; FARTMANN, THOMAS (2025): Regenrückhaltebecken – Hotspots der Biodiversität in urbanen Räumen. in: Natur und Landschaftsplanung, Vol. 57 (7/2025), S. 14–21, online unter: <https://doi.org/10.1399/nul.143623>, Zugriff: 30.07.2025.
- INGOLSTÄDTER KOMMUNALBETRIEBE AÖR (Hrsg.): Regenwasserversickerung. Hinweise zum natürlichen Umgang mit Regenwasser bei der Grundstücksentwässerung und zur Gebühreneinsparung. Ingolstadt, 2008.
- [ISIP] INFORMATIONSSYSTEM FÜR INTEGRIERTE PFLANZENPRODUKTION (Hrsg.) (o. J.): Mulch- und Direktsaatverfahren. Online unter: <https://www.isip.de/isip/servlet/resource/blob/13264/d82128faf271d9c882f90a411a9116b7/1-23-data.pdf>, Zugriff am: 22.06.2024.
- KFW BANKENGRUPPE (Hrsg.) (2023): Anlage zum Merkblatt KfW-Umweltprogramm. Online unter: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000005059_M_240_241_FMA.PDF](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000005059_M_240_241_FMA.PDF), Zugriff am: 14.06.2024.
- LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (Hrsg.) (2016): Mit Regenwasser wirtschaften. Wasserrechtliche Grundlagen. Online unter: <https://www.dresden.de/media/pdf/umwelt/wasserrecht.pdf>, Zugriff am: 16.06.2024.
- LANDRATSAMT LANDKREIS MITTELSACHSEN (Hrsg.) (2024): Checkliste der einzureichenden Antragsunterlagen für die Errichtung von Regenrückhaltebecken. Online unter: <https://fs.egov.sachsen.de/formserv/findform?shortname=abw-regenrueckhalte&formtecid=2&areashortname=14522>, Zugriff am: 14.06.2024.
- [LFULG] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2022): Agroforstsysteme und ihre Förderung. Online unter: https://www.lfulg.sachsen.de/download/Nachlese_GRO_Agroforst2023.pdf, Zugriff am: 21.07.2024.
- [LFULG] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (Hrsg.): Begrünung von erosionsgefährdeten Abflussbahnen. Dresden, 2015.

- [LFULG] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (Hrsg.): Dezentraler Hochwasserschutz im ländlichen Raum. Dresden, 2016.
- [LFULG] SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (Hrsg.): Übersicht. Finanzierungsmöglichkeiten von Auenprojekten. Online unter: https://www.wasser.sachsen.de/download/Foerderung_Anlage_Finanzierungsmoeglichkeiten_von_Auenprojekten.pdf, Zugriff am: 24.06.2024.
- [LUH] LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER. INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, HYDROLOGIE UND LANDWIRTSCHAFTLICHEN WASSERBAU (Hrsg.) (2007): Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wasserrückhalt in der Fläche unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte - am Beispiel des Flusseinzugsgebietes der Mulde in Sachsen. Online unter: <https://www.irbnet.de/daten/rswb/07089018911.pdf>, Zugriff am: 22.06.2024.
- LORENZ, BEATRIX; AUFERKAMP, KATHARINA (2018): Strip Till in der Praxis und Anbauversuche Körnerleguminosen 2017. Online unter: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Auferkamp.pdf>, Zugriff am: 22.06.2024.
- [LWG] – BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (Hrsg.) (2019): Pflanzen für Versickerung und Retention. Online unter: https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflege/dateien/pflanzen_versickerung.pdf, Zugriff am: 02.06.2024.
- [LWG] – BAYRISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (Hrsg.) (2023): Vertikales Grün. Praxisratgeber für bodengebundene Fassadenbegrünung. Online unter: https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/landespflege/dateien/lwg_vertikales_gruen_praxisratgeber_bf.pdf, Zugriff am: 27.05.2024.
- KOCH, ERICH (o. J.): Drainagegraben. 200 Jahre lang falsch konzipiert? Online unter: <https://integra-fishing.de/onewebmedia/10%20Publ.%20Drainagegraben%20200%20J.%20falsch%20konzipiert.pdf>, Zugriff am: 11.07.2024.
- MA22; ÖKOKAUFWIEN – WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG BEREICH RÄUMLICHE ENTWICKLUNG; ARBEITSGRUPPE 25 GRÜN- UND FREIRÄUME (Hrsg.): Leitfaden Fassadenbegrünung. Wien, 2019.
- MLUK – MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND KLIMASCHUTZ DES LANDES BRANDENBURG (Hrsg.) (2020): Naturnaher Umgang mit Regenwasser. Leitfaden für ihr Grundstück. Online unter: <https://mluk.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/naturnaher-umgang-regenwasser.pdf>, Zugriff am: 29.05.2024.
- [NLWKN] NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2011): Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz. Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen. Hannover, 2011
- OPTIGRÜN (Hrsg.) (o. J.): Argumente pro Dachbegrünung. Online unter: https://www.optigruen.de/fileadmin/999-archiv/Sonstige_Broschueren/Optigruen%20Argumente%20pro%20Gruendach.pdf, Zugriff am: 26.05.2024.
- PESCHKE, SILKE; MÜLLER, ELLEN; SCHMIDT, WALTER; SEIDEL, NICOLE (2015): Steckbrief Risikominderungsmaßnahmen. Bewirtschaftbare Verwallungen zum Erosionsschutz und Wasserrückhalt in Präda. Online unter: https://rainman-toolbox.eu/wp-content/uploads/2020/05/18_RR_DE-Sachsen_Wasserru%CC%88ckhalt.pdf, Zugriff am: 23.06.2024.
- PFOSE, NICOLE (2023): Grüne Fassaden. 1. Auflage, DETAIL Praxis, München 2023.
- REISE, JUDITH; URRUTIA, CRISTINA; BÖTTCHER, HANNES; HENNENBERG, KLAUS (2020): Literaturstudie zum Thema Wasserhaushalt und Forstwirtschaft. Berlin, 2020.
- [SenMVKU] Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz der Stadt Berlin (2009, zuletzt aktualisiert 2020): Wie schütze ich mein Haus gegen Grundwasser? Vorsorge beim Bau und nachträgliche Sanierung. Berlin 2020, online unter: https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/umwelt/wasser-und-geologie/grundwasser/broschuere_wie-schuetze-ich-mein-haus.pdf, Zugriff am: 09.04.2025.
- SIEKER (Hrsg.) (2018): Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung. Anlage 1 zum Erläuterungsbericht. Steckbriefe. Hoppegarten 2018.
- [SMEKUL] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2023): Förderrichtlinie Landwirtschaft, Investition, Existenzgründung - FRL LIE/2023. Online unter: https://www.smekul.sachsen.de/foerderung/download/03_FRL_20LIE_unterzeichnet.pdf, Zugriff am: 21.07.2024.

SMWA – STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR (Hrsg.) (2022): EFRE/JTF-Programm des Freistaates Sachsen für den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und den Just Transition Fund (JTF). Online unter: <https://www.xn--europa-frdert-sachsen-oec.de/files/media/info-portal/publikationen/weitere-veroeffentlichungen/foerderung/efre-jtf/efre-jtf-programm-sachsen-genehmigte-fassung-17-10-2022-final.pdf>, Zugriff am: 14.06.2024.

STADT LEIPZIG. AMT FÜR STADTGRÜN UND GEWÄSSER (Hrsg.) (2022): Regeldetail Baumscheibe/Baumgrube im Zwickauer Modell. Online unter: https://static.leipzig.de/fileadmin/mediendatenbank/leipzig-de/Stadt/02.3_De3_Umwelt_Ordnung_Sport/67_Amt_fuer_Stadtgruen_und_Gewaesser/Baeume_Baumschutz/Zwickauer_Modell/Regeldetail_Zwickauer_Modell.pdf, Zugriff am: 13.06.2024.

STADT LEIPZIG; ZWECKVERBAND FÜR WASSERVERSORGUNG UND ABWASSERBESEITIGUNG LEIPZIG-LAND ZV WALL; KOMMUNALE WASSERWERKE LEIPZIG GMBH (Hrsg.) (2022): Bewirtschaftung von Niederschlagswasser. Leitfaden für Grundstücksbesitzerinnen und Grundstücksbesitzer. Leipzig, 2022.

[STMELF] BAYRISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (Hrsg.) (2020): Baumarten für den Klimawald. Leitlinien der Bayerischen Forstverwaltung. Online unter: https://www.awg.bayern.de/mam/cms02/asp/dateien/baumartenwahl_klimawald_zukunft_barrierefrei.pdf, Zugriff am: 11.07.2024.

[UIH] INGENIEUR- UND PLANUNGSBÜRO UMWELT INSTITUT HÖXTER (2011): Gewässermorphologische Entwicklungsfähigkeit und eigendynamische Gewässerentwicklung in den Fließgewässern des Landes Sachsen-Anhalt. Online unter: https://lhw.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/Landesbetriebe/LHW/neu_PDF/5.0_GLD/Dokumente_GLD/Wasserhaushalt_Bio_Gew-Struktur/Bericht_Gewaesserentwicklung_Sachsen-Anhalt.pdf, Zugriff am: 27.06.2024.

UNSELD, RÜDIGER; REPPIN, NICOLE; ECKSTEIN, KARIN; ZEHLIUS-ECKERT, WOLFGANG; HOFFMAN, HELMUT; HUBER, THOMAS (2011) Leitfaden Agroforstsysteme. Möglichkeiten zur naturschutzgerechten Etablierung von Agroforstsystemen. Online unter: https://agroforst-oesterreich.at/wp-content/uploads/2021/08/leitfaden_agroforstsysteme_bfn_2011.pdf, Zugriff am: 21.07.2024.

URBANVEGETATION (Hrsg.) (2009): Pflanzgruben in der Stadt Stockholm. Ein Handbuch. Online unter: https://www.urbanevegetation.de/downloads/Pflanzgruben_Stockholm_deutsch.pdf, Zugriff am: 13.06.2024.

[WBW] FORTBILDUNGSGESELLSCHAFT FÜR GEWÄSSERENTWICKLUNG MBH (Hrsg.) (o. J.): Ingenieurbiologische Bauweisen an Fließgewässern, Teil 1. Leitfaden für die Praxis. Online unter: https://www.adelegg-verein.de/wp-content/uploads/2018/12/Bauweise_Fliessgewaesser_1.pdf, Zugriff am: 26.06.2024.

WIEHL, ALEXANDER (2020): Nach der Flut ist vor der Flut. Hochwasservorsorgekonzept Ketzera. Masterarbeit. TU Dresden, Institut für Landschaftsarchitektur, Professur für Landschaftsplanung. Unveröffentlicht.

WINKER, MARTINA; SCHRAMM, ENGELBERT; MATZINGER, ANDREAS; TRAPP, JAN HENDRICK (2020): Zentrale Begrifflichkeiten. In: Trapp, Jan Hendrick; Winker, Martina (Hrsg.): Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen. Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen. Online unter: <https://backend.repository.difu.de/server/api/core/bitstreams/b4c09613-728c-4ad3-9957-cfd0fe0a6cfd/content>, Zugriff am: 11.05.2024.

WOLF, REINHARDT (2006): Feldhecken im Landkreis Ludwigsburg. Herausgegeben vom Landkreis Ludwigsburg. Broschüre, 48 S.

[WPA] WPA BERATENDE INGENIEURE GMBH (Hrsg.): Begrünte Abflusswege auf Ackerflächen ÖPUL 2023. Wien, 2022.

ZEHLIUS-ECKERT, WOLFGANG, TSONKOVA, PENKA; BÖHM, CHRISTIAN (2020): Umweltleistungen von Agroforstsystemen. Online unter: https://agroforst-info.de/wp-content/uploads/2021/03/02_Umweltleistungen.pdf, Zugriff am: 21.07.2024.

ZIMMERMANN, ASTRID (Hrsg.): Landschaft konstruieren. Materialien, Techniken, Bauelemente. 3. Auflage. Basel, 2015.

ZINCO A (Hrsg.) (2023): Planungshilfe Systeme für begrünte Schrägdächer. Online unter: https://www.zinco.de/sites/default/files/2023-04/ZinCo_Schraegdachbegrueung.pdf, Zugriff am: 27.05.2024.

ZINCO B (Hrsg.) (2023): Planungshilfe Wasserrückhalt mittels Retentions-Gründach. Online unter: https://www.zinco.de/sites/default/files/2023-11/ZinCo_Retentions_Gruendach.pdf, Zugriff am: 25.05.2024.

Internetquellen

- AGRARHEUTE (2021): Direktsaat. Das sind die Vor- und Nachteile. Online unter: <https://www.agrarheute.com/pflanze/getreide/direktsaat-nachteile-442925>, Zugriff am: 22.06.2024.
- AGRARHEUTE (2016): 9 Fakten zur Mulchsaat. Online unter: <https://www.agrarheute.com/management/finanzen/9-fakten-mulchsaat-444011>, Zugriff am: 22.06.2024.
- [ANL] BAYRISCHE AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (o. J.): Beweidung von feuchtem, nährstoffreichem Offenland. Online unter: https://www.anl.bayern.de/fachinformationen/beweidung/6_1_2_offenland_feucht.htm, Zugriff am: 11.07.2024.
- BAUFORMEL (o. J.): Gerinnehydraulik. Online unter: <https://www.bauformeln.de/wasserbau/gerinnehydraulik>, Zugriff am: 29.06.2024.
- BAUNETZ WISSEN (o. J.): Entwässerung. Grauwassernutzungsanlagen. Online unter: <https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/fachwissen/entwaesserung/grauwassernutzungsanlagen-2500211>, Zugriff am: 01.06.2024.
- BAUNETZ WISSEN (o. J.): Regenwassernutzung. Online unter: <https://www.baunetzwissen.de/gebaeudetechnik/fachwissen/entwaesserung/regenwassernutzung-160280>, Zugriff am: 01.06.2024.
- BERLINER REGENWASSERAGENTUR (o. J.): Dachbegrünung. Online unter: <https://regenwasseragentur.berlin/massnahmen/fassadenbegrueung/>, Zugriff am: 05.06.2024.
- BERLINER REGENWASSERAGENTUR (o. J.): Fassadenbegrünung. Online unter: <https://regenwasseragentur.berlin/massnahmen/dachbegrueung/#section-genehmigungs-anzeigepflichten>, Zugriff am: 01.06.2024.
- BERLINER REGENWASSERAGENTUR (o. J.): Betriebswasser aus Grauwasser. Online unter: <https://regenwasseragentur.berlin/massnahmen/betriebswasser-aus-grauwasser-nutzen/>, Zugriff am: 07.06.2024.
- BERLINER REGENWASSERAGENTUR (o. J.): Mulden fördern gesünderes Wachstum. Online unter: <https://regenwasseragentur.berlin/baeume-in-mulden/>, Zugriff am: 01.06.2024.
- BERLINER REGENWASSERAGENTUR (o. J.): Regenwassernutzung. Online unter: <https://regenwasseragentur.berlin/massnahmen/regenwasser-sammeln-und-nutzen/>, Zugriff am: 01.06.2024.
- BERLINER REGENWASSERAGENTUR (o. J.): Versickerung. Online unter: <https://regenwasseragentur.berlin/massnahmen/regenwasser-versickern/>, Zugriff am: 01.06.2024.
- [BFR ABWASSER] BAUFACHLICHE RICHTLINIEN ABWASSER (o. J.): Online unter: <https://www.bfr-abwasser.de/html/Regenwasserbewirtschaftung.11.17.html>, Zugriff am: 14.06.2024.
- BIBER, CARMEN; DICKHAUT, WOLFGANG; KRUSE, ELKE (2019): Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten. Online unter: <https://stadtundgruen.de/artikel/strassenbaeume-als-komponente-der-ueberflutungs-und-hitzevorsorge-in-staedten-18840>, Zugriff am: 13.06.2024.
- [BLE] BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (Hrsg.) (2021): Zwischenfrüchte. Anbaugrundsätze, Mischungsbeispiele. Online unter: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/speziellerpflanzenbau/zwischenfruechte/anbaugrundsaeetze-und-mischungsbeispiele/>, Zugriff am: 22.06.2024.
- [BLE] BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (Hrsg.) (2023): Untersaaten: Möglichkeiten, Grenzen, Mischungen. Online unter: <https://www.oekolandbau.de/bio-in-der-praxis/oekologische-landwirtschaft/oekologischer-pflanzenbau/oekologischer-ackerbau-was-aendert-sich-durch-die-umstellung-zwischenfruechte/untersaaten-moeglichkeiten-grenzen-mischungen/>, Zugriff am: 24.03.2025.
- BMI (o. J.): Gründach – Aufbau und Vorteile. Online unter: <https://www.bmigroup.com/de/fachwissen/gruendach/>, Zugriff am: 25.05.2024.
- [BMWK] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (2024): Förderprogramm von preisgünstigem Wohnmietraum. Online unter: <https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Land/Sachsen/frl-preisguenstiger-wohnraum.html>, Zugriff am: 26.05.2024.
- [BUGG] BUNDESVERBAND GEBÄUDEGRÜN E. V. (o. J.): Wirkungen, Vorteile – Fassadenbegrünung. Online unter: <https://www.gebaeudegruen.info/gruen/fassadenbegrueung/wirkungen-vorteile>, Zugriff am: 27.05.2024.

- BUND LEIPZIG (Hrsg.) (o. J.): Straßenbäume. Online unter: <https://www.bund-leipzig.de/stadtbaeume/strassenbaeume/>, Zugriff am: 13.06.2024.
- [DEFAF] DEUTSCHER FACHVERBAND FÜR AGROFORSTWIRTSCHAFT (Hrsg.) (2024): silvopastorale Systeme. Online unter: <https://agroforst-info.de/arten/baeume-und-weide/>, Zugriff am: 21.07.2024.
- [DWA] DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA): Koordinierungsgruppe „Wasserbewusste Stadtentwicklung“. Online unter: <https://de.dwa.de/de/kg-wasserbewusste-stadt.html>, Zugriff am: 14.07.2024.
- EULITZ, CLAUDIA (2021): Klimaschutz durch Verzicht aufs Pflügen. Online unter: <https://idw-online.de/de/news?print=1&id=765296>, Zugriff am: 22.06.2024.
- FOERDERSUCHE (o. J.): Allianz Umweltstiftung. Online unter: <https://www.foerdersuche.org/foerderung/allianz-umweltstiftung>, Zugriff am: 24.06.2024.
- [FVA] Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (o. J.): Maßnahmen zur Umsetzung der WRRL im Wald. Online unter: <https://www.waldwissen.net/de/lebensraum-wald/naturschutz/gewaesser/umsetzung-der-wrri>, Zugriff am: 23.07.2024.
- GRAFE BETON (o. J.): MH Ökoplatten. Online unter: <https://grafe.de/strassen-und-wegebau/pflaster/oekologisches-pflaster/mh-oekoplatte/>, Zugriff am: 14.06.2024.
- GRAFE BETON (o. J.): Rasengitter. Online unter: <https://grafe.de/strassen-und-wegebau/pflaster/oekologisches-pflaster/rasengitter/>, Zugriff am: 14.06.2024.
- GRUENE FASSADEN (o. J.): Fassadenbegrünungssysteme. Online unter: <https://gruene-fassaden.de/systeme/>, Zugriff am: 27.05.2024.
- [HFWU] HOCHSCHULE FÜR WIRTSCHAFT UND UMWELT NÜRTINGEN-GEISLINGEN (o. J.): FAQ-Ökokonto. Wichtige Fragen und Antworten zum Ökokonto am Beispiel des Privatwaldes. Online unter: <https://www.hfwu.de/forschung-und-transfer/institute-und-einrichtungen/institut-fuer-landschaft-und-umwelt-ilu/faq-oekokonto/>, Zugriff am: 27.06.2024.
- HORTUS NETZWERK (o. J.): Hortus murmurum. Online unter: <https://hortus-netzwerk.de/hortus-murmurum/>, Zugriff am: 29.05.2024.
- JAKOBS, FRAUKE (o. J.): Mulden-Rigolen-System (MRS). Online unter: <https://www.sieker.de/fachinformationen/article/mulden-rigolen-system-mrs-9.html>, Zugriff am: 02.06.2024.
- LANGER, CHRIS (2022): Gründe für Fadenalgen im Teich. Online unter: <https://www.oase-teichbau.de/tipps-und-tricks/ursachen-fuer-fadenalgen-im-teich>, Zugriff am: 29.05.2024.
- [LFU] LANDESAMT FÜR UMWELT BRANDENBURG (o. J.): Vertragsnaturschutz. Online unter: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/vertragsnaturschutz/#>, Zugriff am: 11.07.2024.
- MEIER, JULIA (2022): Mit Zwischenfrüchten die N-Versorgung verbessern. Online unter: <https://www.nutrinet.agrarpraxisforschung.de/naehrstoffmanagement/n-versorgung-verbessern/anbau-von-zwischenfruechten>, Zugriff am: 22.06.2024.
- MERTA, MARIUSZ (o. J.): Konservierende Bodenbearbeitung. Online unter: <https://www.sieker.de/fachinformationen/laendliche-gebiete/article/konservierende-bodenbearbeitung-232.html>, Zugriff am: 19.06.2024.
- [MLR] MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (MLR) (o. J.): Erweiterte Konditionalität. Online unter: [https://foerderung.landwirtschaft-bw.de/Lde/Startseite/Agrarpolitik/Konditionalitaet#:~:text=GL%C3%96Z%206%3A%20Mindestbodenbedeckung%20in%20sensibelsten,%2C%20Begr%C3%BCnungen%2C%20Mulchauflagen%20\(inkl.,](https://foerderung.landwirtschaft-bw.de/Lde/Startseite/Agrarpolitik/Konditionalitaet#:~:text=GL%C3%96Z%206%3A%20Mindestbodenbedeckung%20in%20sensibelsten,%2C%20Begr%C3%BCnungen%2C%20Mulchauflagen%20(inkl.,) Zugriff am: 19.06.2024.
- NABU (o. J. – a): Grüne Fassaden. Arten der Fassadenbegrünung und passende Pflanzen. Online unter: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/grundlagen/dachwand/28549.html>, Zugriff am: 29.05.2024.
- NABU (o. J. – b): Wasserparadiese im Garten. Online unter: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/grundlagen/elemente/00591.html>, Zugriff am: 29.05.2024.

- ÖKOLANDBAU (Hrsg.) (2022): Vorbeugende Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung. Online unter: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/beikrautregulierung/vorbeugende-massnahmen/#:~:text=Zwischenfr%C3%BCchte,f%C3%BCr%20die%20Queckenbek%C3%A4mpfung%20zu%20empfehlen>, Zugriff am: 22.06.2024.
- PALLASCH, MATTHIAS (o. J.): Baumrigolen. Online unter: <https://www.sieker.de/fachinformationen/article/baumrigolen-381.html>, Zugriff am: 13.06.2024.
- PLATTFORM ERNÄHRUNGSWANDEL (o. J.): Silvopastorale Agroforstsysteme. Online unter: <https://www.ernaehrungswandel.org/vernetzen/nischeninnovationen-in-europa/silvopastorale-agroforstsysteme>, Zugriff am: 23.07.2024.
- PFERDEGRÜNLAND (2020): Strategien. Das Wasser in der Landschaft behalten. Online unter: <https://pferdegruenland.de/?tag=drainage-rueckbau>, Zugriff am: 11.07.2024.
- PFLUGLOS (o. J.): Direktsaat. Online unter: <https://www.pfluglos.de/lop/direktsaat>, Zugriff am: 22.06.2024.
- SCHENK, DIETER (o. J.): Mit grüner und blauer Infrastruktur. Online unter: <https://www.kommunaldirekt.de/mit-gruener-und-blauer-infrastruktur/>, Zugriff am: 26.05.2024.
- SIEKER, HEIKO; BANDERMANN, STEPHAN (o. J.): Rigolen. Online unter: <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/versickerung/article/rigolen-185.html>, Zugriff am: 02.06.2024.
- SIEKER, HEIKO (o. J.): Teiche. Online unter: <https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/verdunstung/article/teiche-212.html>, Zugriff am: 16.06.2024.
- [SMEKUL] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (o. J.): Förderrichtlinie Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (FRL AUK/2023). Online unter: https://www.smekul.sachsen.de/foerderung/foerderrichtlinie-agrarumwelt-und-klimamassnahmen-fri-auk-2023-11982.html?_cp=%7B%22accordion-content-12123%22%3A%7B%221%22%3Atrue%7D%2C%22previousOpen%22%3A%7B%22group%22%3A%22accordion-content-12123%22%2C%22idx%22%3A1%7D%7D, Zugriff am: 19.06.2024.
- [SMEKUL] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ UND LANDWIRTSCHAFT (o. J.): Gewässerrandstreifen mit natürlicher Vegetation. Online unter: https://www.wasser.sachsen.de/gewaesserrandstreifen-21116.html?_cp=%7B%22accordion-content-21120%22%3A%7B%220%22%3Atrue%2C%221%22%3Atrue%2C%222%22%3Atrue%2C%223%22%3Atrue%7D%2C%22previousOpen%22%3A%7B%22group%22%3A%22accordion-content-21120%22%2C%22idx%22%3A3%7D%7D, Zugriff am: 26.06.2024.
- [SMEKUL] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ENERGIE, KLIMASCHUTZ UND LANDWIRTSCHAFT (o. J.): Ökokonto, Kompensationsflächenkataster. Online unter: <https://www.natur.sachsen.de/okokonto-kompensationsflächenkataster-8111.html>, Zugriff am: 27.06.2024.
- [SMWA] SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR (o. J.): Hochwasserschutz für Döbeln. Online unter: <https://www.xn--europa-frdert-sachsen-oec.de/de/info-portal/aktuelle-meldungen/hochwasserschutz-fuer-doebeln>, Zugriff am: 29.06.2024.
- STADTWERKE OSNABRÜCK (2016): Faszination Regenrückhaltebecken. Online unter: <https://www.stadtwerke-osnabrueck.de/blog/2016/10/20/faszination-regenrueckhaltebecken/>, Zugriff am: 14.06.2024.
- STROTMANN, KLAUS (2017): Mit Bodenbearbeitung CO2 einsparen. Online unter: <https://www.agrarheute.com/pflanze/bodenbearbeitung-co2-einsparen-539570>, Zugriff am: 22.06.2023.
- SONNENERDE (o. J.): sbs – Stockhomer Baumpflanzsystem. Online unter: <https://www.sonnenerde.at/de/pflanzenkohle/schwammstadt-prinzip>, Zugriff am: 09.07.2024.
- TRANSFORMING CITIES (2020): Städtische Regenrückhaltebecken stärken die Biodiversität. Online unter: <https://www.transforming-cities.de/staedtische-regenrueckhaltebecken-staerken-biodiversitaet/>, Zugriff am: 14.06.2024.
- [UBA] UMWELTBUNDESAMT (2024): Bodenbearbeitung. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/bodenbearbeitung#einfuehrung>, Zugriff am: 19.06.2024.
- [UBA] UMWELTBUNDESAMT (2019): Flächenbereitstellung für Gewässerrenaturierung. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/flaechenbereitstellung-fuer?sprungmarke=flaechenbedarf#fliessgewasser-brauchen-platz>, Zugriff am: 27.06.2024.

- [UBA] UMWELTBUNDESAMT (2023): Tipps für eine nachhaltige Regenwassernutzung. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/regenwassernutzung#wie-sie-mit-regenwasser-ihren-garten-umweltbewusst-nutzen>, Zugriff am: 29.05.2024.
- [UBA] UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2019): Renaturierungsmaßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes. Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/renaturierungsmassnahmen-zur-verbesserung-des#nahbereich>, Zugriff am: 26.06.2024.
- [UMG] UMWELTBÜRO GRABHER (2015): Ingenieurbiologie. Bauen mit der Natur. Online unter: <http://www.naturtipps.com/ingenieurbiologie.html>, Zugriff am: 26.06.2024.

Rechtsquellen und Planquellen

- BBodSchG (2021): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17. März 1998, zuletzt geändert am 25. Februar 2021. Online unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/index.html>, Zugriff am: 19.06.2024.
- BERKNER, Andreas (2024): Die Wasserhaushaltssituation im Südraum Leipzig - Gestern | Heute | Morgen. Steuerungsgruppe Leipziger Neuseenland, Sitzung vom 20.09.2024, Unveröffentlichtes Dokument.
- ErlFreihVO (2013): Verordnung des Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft über die Erlaubnisfreiheit von bestimmten Benutzungen des Grundwassers (Erlaubnisfreiheits-Verordnung – ErlFreihVO) vom 12. September 2001, zuletzt geändert am 12. Juli 2013. Online unter: <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/1434-Erlaubnisfreiheits-Verordnung#ef>, Zugriff am: 02.06.2024.
- FlurbG (2008): Flurbereinigungsgesetz (FlurbG) vom 16. März 1976, zuletzt geändert am 19. Dezember 2008. Online unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/flurbg/index.html>, Zugriff am: 27.06.2024.
- SächsWG (2022): Sächsisches Wassergesetz (SächsWG) vom 12. Juli 2013, zuletzt geändert am 20. Dezember 2022. Online unter: <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/12868-SaechsWG#p24>, Zugriff am: 24.06.2024.
- [RPV L-WS] REGIONALER PLANUNGSVERBAND DER REGION LEIPZIG-WESTSACHSEN (2021): Regionalplan Leipzig-Westachsen, am 11.12.2020 als Satzung beschlossen und am 02.08.2021 genehmigt.
- TrinkwV (2023): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) vom 20. Juni 2023. Online unter: https://www.gesetze-im-internet.de/trinkwv_2023/, Zugriff am: 16.06.2024.
- WHG (2023): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes (Wasserhaushaltsgesetz) vom 31. Juli 2009, zuletzt geändert am 22. Dezember 2023. Online unter: https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/_1.html, Zugriff am: 10.05.2024.

Grundstücke und Siedlungsbereich

Anpassungsmaßnahmen der Versickerung

Grundvoraussetzungen:

- Abschätzung des kf-Wertes (Durchlässigkeitsbeiwertes) nach Methodik des Umweltatlas' der Stadt Berlin (2020) ergab eine optimale Versickerungsrate des Untergrunds von etwa 50 bis 1.000 cm/d
- keine Altlastenböden, Heilquellenschutzgebiete oder Trinkwasserschutzgebiete der Zone I (Anmerkung: in Zone II ist nur die Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Dachwasser ohne weitere Bewirtschaftung – z.B. Filterung – möglich.)
- aktueller Grundwasserflurabstand von $\geq 2\text{m}$

Flächenversickerung:

- Flächen, die auf aktuellen Digitalen Orthophotos des Freistaates Sachsen im Siedlungsbereich mit einem Versiegelungsgrad $>70\%$ eine erkennbar Vollflächenversiegelung (z.B. Asphaltdecke) aufweisen

Muldenversickerung:

- geeignete, größere gebäudebezogene oder siedlungsübergreifende Grünräume, die in den Hinweiskarten Starkregen des BKG und Freistaates Sachsen einen erhöhten Oberflächenabfluss erkennen lassen.

Rigolenversickerung:

- Hinweis: Können durch eine Kombination von Rückhalte- und Filterbereichen auch in Siedlungsteilen eingesetzt werden, die bei der kf-Werabschätzung einen suboptimalen Wert aufweisen.
- Vorgeschlagen werden sie auch auf kleinen gebäude- und siedlungsbezogenen Grünflächen, da sie mit geringerem Flächenaufwand umzusetzen sind.

straßenbegleitende Tiefbeetrigolen:

- Eine Renovierung wird vorgeschlagen, wenn straßenbegleitende Beete in den digitalen Orthofotos des Freistaates Sachsen oder bei Google Street View erkennbar sind.
- Eine Neuanlage wird vorgeschlagen, wenn die Straßenbreite höher als 4,5m und/oder die Fußwegbreite größer 2,5m beträgt.

Baumrigolen:

- Eine Renovierung wird vorgeschlagen, wenn in den Digitalen Orthofotos des Freistaates Sachsen oder in Google Street View Straßenbäume in schlechtem Zustand oder mit kleinen Baumscheiben erkennbar sind.
- Eine Neuanlage wird bei einer Straßenbreite von 7m und/oder einer Fußwegbreite von mindestens 3m vorgeschlagen.

Anpassungsmaßnahmen zum Rückhalt von Regenwasser

Grundvoraussetzungen:

- Abschätzung des kf-Wertes (Durchlässigkeitsbeiwertes) nach Methodik des Umweltatlas' der Stadt Berlin (2020) ergab eine optimale Versickerungsrate des Untergrunds von etwa 50 bis 1.000 cm/d
- keine Altlastenböden, Heilquellenschutzgebiete oder Trinkwasserschutzgebiete der Zone I
- aktueller Grundwasserflurabstand von $\geq 2\text{m}$

darüber hinaus wurden folgende Kriterien betrachtet:

Dachbegrünung mit Retentionsdach:

- Wurde auf großen Dachflächen von $\geq 2.000\text{m}^2$ und Dachtyp Flachdach (rooftype 1000) nach digitalem Stadtmodell (LoD1) vorgesehen.

Naturnah gestaltete Regenrückhaltebecken:

- Eine Neuanlage wurde bei siedlungsnahen Grünflächen vorgeschlagen, die talwärts von erosiven Abflussbahnen auf Ackerflächen liegen (siehe Risikoanalyse) oder bei solchen Flächen, die in den Hinweiskarten Starkregengefahren des BKG und Freistaates Sachsen erkennbar hohe Oberflächeneinstauhöhen oder besonders hohe Fließgeschwindigkeiten bei extremen Starkregenereignissen aufweisen.
- Eine Umwandlung von Standgewässern zu naturnahen Regenrückhaltebecken wird vorgeschlagen, wenn Gewässer (z.B. Dorfteiche) im Siedlungsbereich liegen und durch angrenzendes Dachwasser oder Oberflächenabflüsse gespeist werden können.

Zisternen und Grauwasserrecyclinganlagen:

- Solche Anlagen wurden in Gebieten mit mehreren großen Flachdach-Flächen ($\geq 500\text{m}^2$) und einer wasserbedürftigen gewerblichen Nutzungen (Milchbetriebe, Gartenbaubetriebe, Stahlbetriebe) oder einer Nutzung mit vielen sanitären Anlagen (Schulen, Bürogebäude, große Wohnkomplexe) vorgeschlagen.

Offenland

Anpassungsmaßnahmen auf landwirtschaftlichen Flächen

• Unterscheidung der Anpassungsflächen nach zwei Handlungsprioritätsklassen:

- Priorität 1: Ackerflächen $>5\text{ha}$ mit einer Mehrfachbelastung aus geringer Resilienz gegenüber Trockenheit bei trockenem wie feuchtem Klimaszenario und geringer Resilienz gegenüber Starkregen.
- Priorität 2: Ackerflächen, die nur eine geringe Resilienz gegenüber Trockenheit oder nur eine geringe Resilienz gegenüber Starkregen aufweisen (Einfachbelastung) oder insgesamt gut dastehen.
- Zusätzlich markiert wurden erosive Abflussbahnen, die aufgrund hoher Flächenneigung und schmalen Abflussdurchschnitt besonders von Erosion gefährdet sind.

Anpassungsmaßnahmen an Fließgewässern:

• betrachtet werden Gewässer 1. und 2. Ordnung

Voraussetzungen für die Anpassungsvorschläge der Lauf-, Sohl- und Uferstruktur sind mindestens drei der folgenden Kriterien:

- sand- oder kiesgeprägte Gewässersohle und damit bedingte Sickerverluste von Wasser
- hauptsächlich begradigter und überformter Verlauf, z.B. mit im Orthofoto erkennbarer Verkräutung
- hohe bis sehr hohe Vulnerabilität gegenüber Trockenheit nach Risikoanalyse
- keine Gewässerrandstreifen in den aktuellen digitalen Orthofotos oder flache Gewässerrandstreifen ohne Gehölze
- eine mindestens auf einer Seite angrenzende landwirtschaftliche Nutzung

Voraussetzungen für einen Gewässerentwicklungskorridor:

- eine Kombination aus mindestens drei der obigen Kriterien für eine Anpassung der Lauf-, Sohl- und Uferstruktur
- eine angrenzende weiträumige Grünlandnutzung auf mindestens einer Fließgewässerseite im Überschwemmungsbereich HQ100 mit fließgewässernahen Standgewässern, Gräben oder in den Orthofotos erkennbaren Vernässungsflächen

Voraussetzungen für den Rückbau von Drainagen und die gezielte Vernässung:

- ein hohes bis sehr hohes natürliches Retentionsvermögen auf den an das Fließgewässer grenzenden Flächen
- in den Orthofotos erkennbare Drainagelinien, Vernässungsflächen oder angelegte Standgewässer

Wälder und Forsten

Voraussetzungen für Schwerpunktfächen des klimaresilienten Waldumbaus:

- eine sehr geringe oder mindestens geringe zu erwartenden Resilienz gegenüber Trockenheit (IBGW-Szenarienvergleich) auf Waldflächen
- die gefährdeten Waldflächen sind mind. 1 ha groß