

Loseblatt # 54

MULTIKRITERIELLE AUSWAHL
POTENTIELLER AGROFORSTFLÄCHEN
MIT DEM ENTSCHEIDUNGSWERKZEUG
META-AFS (1.0) AM BEISPIEL
AUSGEWÄHLTER GEMEINDEN IN
SÜDBRANDENBURG –
WERKZEUGDOKUMENTATION UND
ANWENDUNGSBEISPIEL

Christian Böhm, Gerald Busch, Penka Tsonkova, Rico Hübner,
Julia Ehritt

Multikriterielle Auswahl potentieller Agroforstflächen mit dem Entscheidungswerkzeug ME-TA-AfS (1.0) am Beispiel ausgewählter Gemeinden in Südbrandenburg – Werkzeugdokumentation und Anwendungsbeispiel

Autoren

Christian Böhm, Gerald Busch, Penka Tsonkova, Rico Hübner, Julia Ehritt

Anschriften und Kontaktdaten

Dr. Christian Böhm, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus
e-mail: boehmc@b-tu.de

Gerald Busch, Balsa - Büro für angewandte Landschaftsökologie und Szenarienanalyse, Am Weißen Steine 4, 37085 Göttingen
e-mail: welcome.balsa@email.de

Dr. Penka Tsonkova, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus
e-mail: penka.tsonkova@b-tu.de

Dr. Rico Hübner, Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Emil-Ramann-Straße 6, 85354 Freising-Weihenstephan
e-mail: rico.huebner@tum.de

Julia Ehritt, NABU Brandenburg, Lindenstr. 34, 14467 Potsdam
e-mail: ehritt@nabu-brandenburg.de

Forschungsprojekt

"Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie"

Projektlaufzeit: 01.11.2014 bis 31.07.2019

URL: <http://agroforst-info.de/>

Förderung und Förderkennzeichen:

Die Förderung des Projektes erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenprogramms Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)

Förderkennzeichen: 033L129

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Loseblattes liegt bei den Autoren.

Cottbus, den 28.04.2020

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	6
1.1 Hintergrund.....	6
1.2 Zielstellung	6
1.3 Umsetzung.....	7
1.4 Modellgebiet	9
2 Methodik.....	9
2.2 Vorarbeiten.....	9
2.2.1 Datenbeschaffung	9
2.2.2 Erstellung einer einheitlichen räumlichen Bezugsebene.....	10
2.2.3 Ausarbeitung einer Gebietskulisse für die Eignung von Agroforstsystemen	12
2.3 Aufbau und Funktionsweise des Werkzeuges META-AfS	13
2.3.1 Filterregeln.....	15
2.3.2 Managementoptionen	16
2.3.3 Kriterienbewertung (Schutzgüter, Kriterien und Indikatoren)	17
2.3.4 Auswahl und Gewichtung von Kriterien	31
2.3.5 Szenarienergebnis berechnen	32
2.3.6 Webmapping-Modul.....	33
2.3.7 Planung von Agroforstflächen.....	34
3 Anwendung des Tools und Erstellung eines Beispielszenarios „Ressourcenschutz“	35
3.1 Auseinandersetzung mit dem Modellgebiet.....	35
3.2 Überlegungen für die Erstellung eines Beispielszenarios	36
3.2.1 Festlegung der Filterregeln.....	36
3.2.2 Festlegung der Managementoptionen	38
3.2.3 Festlegung der Kriterien	40
3.2.4 Festlegung der Gewichtung.....	51
3.2.5 Ergebnis der Szenarienberechnung.....	55
3.3 Interpretation der Ergebnisse des Beispielszenarios	61
3.3.1 Analyse auf Gemeindeebene (Dashboard).....	61
3.3.3 Analyse auf Ebene der Modellregion (GIS-Datensatz).....	64
3.4 Webmapping.....	67
4 Schlussfolgerungen und Ausblick	69
Literatur	70

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Startbildschirm von META-AfS mit Informationen zur Struktur des Werkzeugs...	7
Abbildung 2: Beispielhafter Kartenausschnitt in der Gemeinde Sonnewalde für a) Flurstückebene (Basiskarte) und b) Schlagebene	12
Abbildung 3: Definition einer dreigliedrigen Gebietskulisse zur Eignung von Agroforstsystemen	12
Abbildung 4: Startseite des Werkzeuges META-AfS	14
Abbildung 5: Bildschirmansicht „Filterregeln“ im Werkzeug META-AfS.....	16
Abbildung 6: Bildschirmansicht „Managementoptionen“ im Werkzeug META-AfS	17
Abbildung 7: Bildschirmansicht „Kriterienbewertung“ (Beispiel Voreinstellung Schutz vor Winderosion) im Werkzeug META-AfS	18
Abbildung 8: Eingangsdaten und Methodik für die Berechnung der Indikatoren	30
Abbildung 9: Bildschirmansicht „Kriterienauswahl und -gewichtung“ im Werkzeug META-AfS	31
Abbildung 10: Bildschirmansicht „Szenarienergebnis berechnen“ im Werkzeug META-AfS	32
Abbildung 11: Bildschirmansicht „Webmapping“ im Werkzeug META-AfS.....	33
Abbildung 12: Modellgebiet der Innovationsgruppe AUFWERTEN	35
Abbildung 13: Bildschirmansicht mit ausgewählten Filterregeln für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	37
Abbildung 14: Bildschirmansicht der Auswirkungen der Filterregeln auf die Flächenpotenziale nach Anwendung der Filterregeln gemäß Abb. 13	38
Abbildung 15: Bildschirmansicht mit ausgewählten Managementoptionen für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	39
Abbildung 16: Bildschirmansicht der Auswirkungen gemäß der in Abb. 14 definierten Managementoptionen	40
Abbildung 17: Bildschirmansicht zur Bewertung des Unterkriteriums „Verbesserung der Landschaftsstruktur“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)	41
Abbildung 18: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt die Ergebnisübersicht zum Unterkriterium „Verbesserung der Landschaftsstruktur“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)	42
Abbildung 19: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt die verwendeten Grenzwerte zur Berechnung des Unterkriteriums „Erhöhung der Landschaftsvielfalt“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)	43
Abbildung 20: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt die Ergebnisübersicht zum Unterkriterium „Erhöhung der Landschaftsvielfalt“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)	43
Abbildung 21: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt beispielhaft für das Kriterium „Aufwertung des Landschaftsbildes“ die Verknüpfungsoptionen aus den beiden Unterkriterien (Struktur/Vielfalt) sowie die tabellarische Ergebnisübersicht zu Eignungswerten (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)	44
Abbildung 22: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Habitateignung für Offenlandbrüter“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	45

Abbildung 23: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Habitateignung für Offenlandbrüter“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	45
Abbildung 24: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Schutz vor Winderosion“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	46
Abbildung 25: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Schutz vor Winderosion“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	46
Abbildung 26: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Schutz vor Eutrophierung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	47
Abbildung 27: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Schutz vor Eutrophierung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	48
Abbildung 28: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Schutz vor Nitratauswaschung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	49
Abbildung 29: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Schutz vor Nitratauswaschung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	49
Abbildung 30: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Erhalt der Tiefensickerung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	50
Abbildung 31: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Erhalt der Tiefensickerung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	51
Abbildung 32: Bildschirmansicht der Kriterienauswahl und -gewichtung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	52
Abbildung 33: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	53
Abbildung 34: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung für die eignungsklassenbezogenen Mittelwerte	54
Abbildung 35: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung für die nutzungsbezogenen Summenwerte	54
Abbildung 36: Bildschirmansicht der Ergebnistabelle zur multikriteriellen Bewertung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	55
Abbildung 37: Bildschirmansicht der Szenarienerstellung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	56
Abbildung 38: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung unter Berücksichtigung von Filterregeln und Managementoptionen für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	56
Abbildung 39: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung am Beispiel der vergleichenden Mittelwerte (Kriterienwerte) für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	57
Abbildung 40: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung unter Berücksichtigung von angezeigten Kriterienoptima und AFS-Eignungsoptimum für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	58
Abbildung 41: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung unter besonderer Berücksichtigung der Kriterienoptima für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	58
Abbildung 42: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung am Beispiel der Mittelwerte für die Biomasserträge und die Summenwerte für Energie und Biomasse für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	59

Abbildung 43: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung am Beispiel der Mittelwerte der annualen Gehölzerträge für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	59
Abbildung 44: Bildschirmansicht der Ergebnistabelle zur multikriteriellen Bewertung unter Berücksichtigung von Filterregeln und Managementoptionen für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“	60
Abbildung 45: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche	61
Abbildung 46: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Synergieeffekten für die Eignungsklasse A.....	62
Abbildung 47: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Synergieeffekten für die Eignungsklasse B.....	63
Abbildung 48: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Konflikteffekten für die Eignungskl. A	63
Abbildung 49: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Konflikteffekten für die Eignungsklasse B.....	64
Abbildung 50: Bildschirmansicht nach Öffnen des QGIS-Projektes zum Beispielszenario „Ressourcenschutz“	65
Abbildung 51: Landschaftsanalyse auf a) Schlag- und b) Flurstückebene (Kartenausschnitt innerhalb der Gemeinde Sonnewalde).....	65
Abbildung 52: Landschaftsanalyse auf a) Schlag- und b) Flurstückebene unter Berücksichtigung der maximalen Eignungswerte der in das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ einbezogenen Kriterien (Kartenausschnitt innerhalb der Gemeinde Sonnewalde)	66
Abbildung 53: Ausgewählte Beispielflächen (Flurstücke) mit den entsprechenden Attributtabelle, die für jede Fläche abrufbar ist	67
Abbildung 54: Bildschirmansicht des Webmapping-Moduls für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit einem räumlichen Überblick der Eignungswerte im Modellgebiet.....	68
Abbildung 55: Bildschirmansicht des Webmapping-Moduls für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit einer Beispielsansicht für eine selektierte Fläche	69

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Zusammenstellung verwendeter Datensätze und ihrer Quellen.....	10
Tabelle 2: Funktionsbereiche in META-AfS.....	13
Tabelle 3: Sondersymbole in META-AfS.....	15
Tabelle 4: Schutzgüter, Kriterien und Indikatoren im Werkzeug META-AfS.....	17
Tabelle 5: Überblick der eingestellten Präferenzen für das Beispielszenario "Ressourcenschutz"	36
Tabelle 6: Flächengrößen, Biomasse, Energieertrag und Kriterieneignungswerte in Abhängigkeit der maximalen Kriterieneignungswerte für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ einbezogenen Kriterien sowie Mittelwerte der einzelnen Kriterien in Abhängigkeit der Kriterien mit dem höchsten Eignungswert (Flurstückebene)	66

ZUSAMMENFASSUNG

In Abhängigkeit der Art der Flächennutzung werden abiotische und biotische Umweltfaktoren und damit verschiedene Schutzgüter unterschiedlich stark beeinflusst. Dies gilt auch für die Agroforstwirtschaft. Um bei jener – für die derzeitige Landwirtschaft – neuen Form der Flächenbewirtschaftung eine diesbezügliche Bewertungsgrundlage zu haben, wurde im Rahmen des Forschungsprojektes AUFWERTEN das Werkzeug „*Multicriteria Evaluation Tool for the Allocation of Agroforestry Systems*“ (META-AfS) entwickelt. Das übergeordnete Ziel bei der Entwicklung dieses Werkzeuges bestand darin, das Eignungspotenzial von landwirtschaftlich genutzten Flächen für eine agroforstliche Landnutzung auf der Basis einer multikriteriellen Bewertung zu ermitteln. Dabei soll der Anwender, z.B. im Rahmen eines Akteursdialogs, in die Lage versetzt werden, Eignungsszenarien zu erstellen. Hierbei wurde es als außerordentlich wichtig erachtet, dass der Anwender die Möglichkeit hat, die Eignungsbewertung von Flächen nach seinen individuellen Maßgaben durchzuführen, da nur so lokale und regionale Unterschiede ausreichend berücksichtigt werden können.

Das Werkzeug META-AfS ist so angelegt, dass sowohl eine ökologische als auch eine ökonomische Eignungsbewertung möglich ist. In der derzeitigen Version ist allerdings eine ökonomische Eignungsanalyse noch nicht etabliert. Die ökologische Kriterienbewertung berücksichtigt die Schutzgüter Boden, Oberflächengewässer, Grundwasser, Lebensraum und Landschaftsbild. Diese werden mit insgesamt 10 quantitativen Indikatoren (z.B. Bodenerosionsgefährdung durch Wasser) beschrieben, welche die Gefährdung, den Zustand oder die Veränderung des jeweiligen Schutzgutes erfassen und somit für dessen Bewertung eine hohe Aussagekraft besitzen. Durch die Auswahl und Wichtung mehrerer Kriterien ist die Ermittlung der Flächeneignung anhand einer multikriteriellen Bewertung möglich.

Die Ergebnisse werden sowohl auf Flurstück- als auch auf Schlagebene dargestellt. Neben Tabellen und Grafiken geschieht dies in kartographischer Form (Webmapping). Damit kann der Anwender sowohl auf aggregierte Informationen als auch auf flächenscharfe Einzelinformationen während der Erstellung eines bestimmten Szenarios zugreifen.

Im vorliegenden Loseblatt wird die Funktionsweise des Werkzeuges META-AfS umfassend erläutert. Hierfür wurde zur Veranschaulichung des Einflusses von auswählbaren Flächenfiltern und Managementoptionen sowie der Ergebnisse, die im Zuge des Prozesses der Szenarienerstellung bereitgestellt werden, für das Modellgebiet der Innovationsgruppe AUFWERTEN ein Beispielszenario erstellt. Anhand dieses Beispiels wird u.a. auch das Potenzial dieses Werkzeuges bezüglich der Herausstellung möglicher Konflikte und Synergien in der Landnutzung verdeutlicht, was vor allem vor dem Hintergrund der Kompromissfindung unterschiedlicher Interessensgruppen wesentlich ist.

1 EINLEITUNG

1.1 Hintergrund

Jede Form der Landnutzung ist mit einem mehr oder weniger starken Eingriff in den Naturhaushalt einer Fläche bzw. einer Landschaft verbunden. Auch die Etablierung von Agroforstsystemen (AFS) hat für die betreffende landwirtschaftlich genutzte Fläche und deren Umgebung Auswirkungen auf abiotische und biotische Umweltfaktoren. Diese sind häufig positiv, können in Bezug zu bestimmten Schutzgütern aber auch nachteilig sein. Eine Abschätzung bzw. Quantifizierung dieser Effekte ist Voraussetzung für eine ganzheitlich auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Landnutzung und daher auch im Vorfeld der Begründung von Agroforstflächen anzustreben. Das Wissen über Richtung und Wirkungsstärke solcher Effekte ist ebenfalls bedeutsam, um die Einflussnahme auf bestimmte Umweltfaktoren explizit zu fördern oder auch möglichst gering zu halten. Generell ist es im Sinne einer nachhaltigen Landnutzung sinnvoll, bei der Priorisierung einzelner Schutzgüter, die hierdurch bedingten Auswirkungen auf andere Schutzgüter im Blick zu behalten. Nur so können mögliche Synergien besser genutzt und gegebenenfalls Konflikte gemindert oder zumindest benannt und in das Bewusstsein des Landnutzers gebracht werden. Denn die Förderung eines Schutzgutes kann durchaus mit der Benachteiligung eines Anderen einhergehen. Bei der Planung der Flächennutzung sind daher häufig Abwägungsprozesse notwendig, für die Kenntnisse zu Standorteigenschaften (z.B. Klimaparameter, Bodenverhältnisse), zum rechtlichen Status (z.B. Schutzgebietsstatus) oder auch zur landschaftsbezogenen Lage (z.B. Nähe zu Gewässern oder Straßen) einer Bewirtschaftungsfläche erforderlich sind.

In größeren landwirtschaftlichen Betrieben, Kommunen oder anderen Verwaltungseinheiten liegen derartige Kenntnisse zu einzelnen Flächen oftmals nicht vor. Auch bedarf es einer umfassenden Datengrundlage mit exaktem Flächenbezug, um geeignete Flächen für eine bestimmte Form der Landnutzung unter Berücksichtigung verschiedener Schutzgüter zu identifizieren. Je mehr Kriterien bei der Eignungsbewertung von Flächen eine Rolle spielen, desto komplexer wird der Bewertungsprozess. Eine objektive Analyse der Flächeneignung, insbesondere auch wenn Priorisierungen bzw. Wichtungen vorgenommen werden, ist ohne die Unterstützung durch rechnergesteuerte Abfrageroutinen dann zumeist nicht mehr möglich.

Gerade bei der Planung von Agroforstsystemen bestehen in der Praxis oft Unklarheiten ob der Art und Intensität der Beeinflussung bestimmter Schutzgüter und damit hinsichtlich der Eignung bestimmter Flächen. Hierbei spielen vor allem auch die zum Teil differierenden Interessen unterschiedlicher Landnutzungsakteure eine Rolle. Ein klassisches Beispiel stellt in diesem Zusammenhang die Vereinbarung von Zielen der Landwirtschaft und des Naturschutzes dar.

Um hinsichtlich verschiedener Optionen bei der Anlage von Agroforstsystemen eine objektive und dennoch an die jeweiligen Zielvorstellungen adaptierbare Eignungsbewertung von landwirtschaftlichen Nutzflächen zu gewährleisten, wurde im Forschungsprojekt AUFWERTEN unter Einbeziehung verschiedener Interessengruppen das Werkzeug „*Multicriteria Evaluation Tool for the Allocation of Agroforestry Systems*“ (META-AfS) entwickelt. Dabei baut das Werkzeug auf den Konzepten und Arbeiten von Busch (2012, 2017, 2019) sowie Busch und Thiele (2015) auf.

1.2 Zielstellung

Das übergeordnete Ziel bei der Entwicklung des Werkzeuges META-AfS war es, das Eignungspotenzial von landwirtschaftlich genutzten Flächen für eine agroforstliche Landnutzung zu ermitteln. Dabei soll der Anwender, z.B. im Rahmen eines Akteursdialogs, in die Lage versetzt werden, unter Zuhilfenahme von vielfältigen Visualisierungen der Arbeitsschritte sowie umfangreichen Ergebnisdarstellungen, Eignungsszenarien zu erstellen. Hierbei wurde es als außerordentlich wichtig

erachtet, dass der Anwender die Möglichkeit hat, die Eignungsbewertung von Flächen nach seinen individuellen Maßgaben durchzuführen, da nur so lokale und regionale Unterschiede ausreichend berücksichtigt werden können.

Das Werkzeug META-AfS richtet sich an alle Anwender mit konkretem Bezug zur Landnutzung und/oder Landschaftsplanung. Hierzu zählen vor allem Vertreter von Kommunen, Landkreisen, Behörden (z.B. Untere Naturschutzbehörde), Verbänden (z.B. Boden- und Wasserverbände), Landwirtschaftsbetrieben und Planungs- bzw. Beratungsbüros.

1.3 Umsetzung

Um einerseits eine hohe räumliche Auflösung der Ergebnisse zu ermöglichen, andererseits aber auch ein Höchstmaß an Praxisrelevanz zu gewährleisten, werden die Ergebnisse sowohl auf Flurstück- als auch auf Schlagebene dargestellt. Sämtliche Ergebnisse werden dem Anwender unter Beachtung einer größtmöglichen Transparenz in übersichtlicher und verständlicher Form automatisiert veranschaulicht. Neben Tabellen und Grafiken geschieht dies in kartographischer Form (Webmapping), die den Zugriff auf die Flurstückinformation bietet. Damit kann der Anwender sowohl auf aggregierte Informationen als auch auf flächenscharfe Einzelinformationen während der Szenariengestaltung zugreifen.

Weitergehende Analysen der Szenarienergebnisse können bei Bedarf in Geoinformationssystemen (GIS) oder Tabellenkalkulationsprogrammen (z.B. MS-Excel) durchgeführt werden. Hierfür wird von META-AfS sowohl ein QGIS-Projekt mit Flächengeometrien erzeugt als auch ein Excel-Dashboard zur interaktiven Auswertung bereitgestellt.

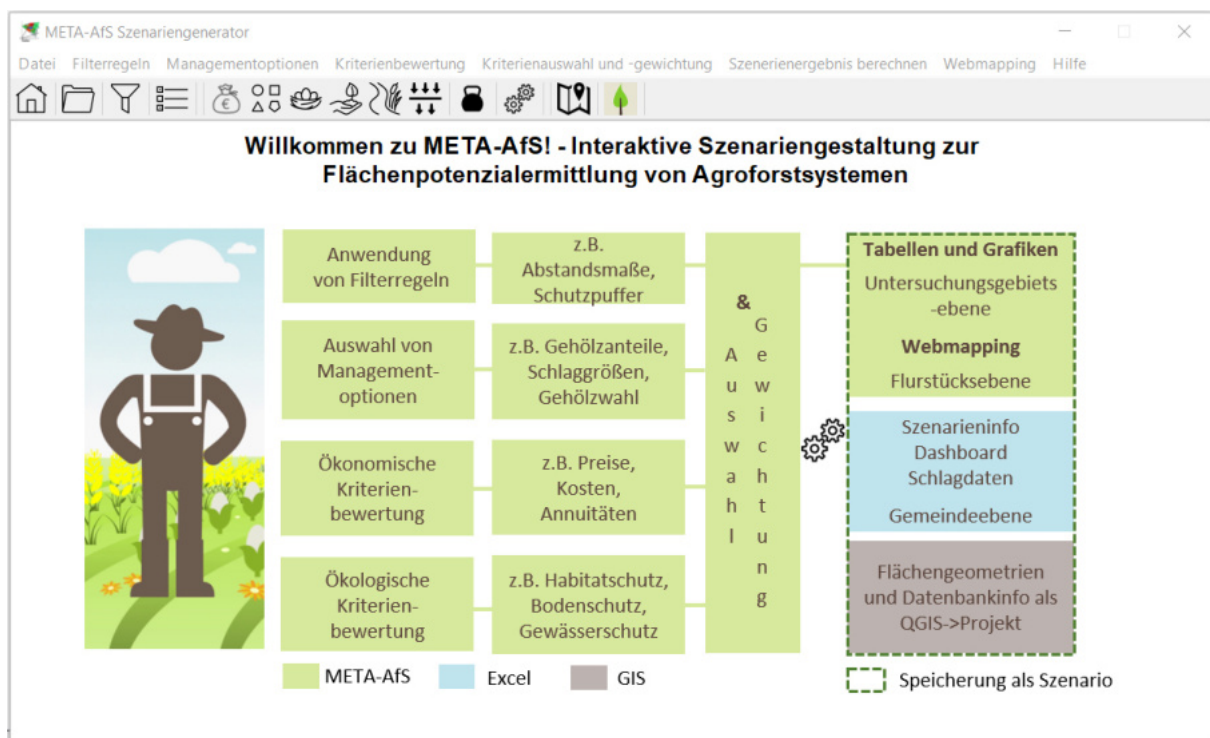


Abbildung 1: Startbildschirm von META-AfS mit Informationen zur Struktur des Werkzeugs

In der Szenarienerstellung kann der Anwender von META-AfS „Filterregeln“ festlegen, um bestimmte Flächen von vornherein auszuschließen oder die multikriterielle Bewertung nur auf einen bestimmten Typ von Flächen zu beschränken,

Durch die „Managementoptionen“ können spezifische Eigenschaften für potentielle Agroforstsysteme, wie z.B. die Gehölzauswahl, die Gehölzerträge oder aber die Flächenanteile von Gehölzen, festgelegt werden.

Die Kriterienbewertung ist im Werkzeug für eine ökonomische und eine ökologische Komponente angelegt, um die Möglichkeit zu schaffen, ökologische Leistungen durch Agroforstsysteme in einen ökonomischen Kontext zu stellen (Annuitätenvergleich von Agroforstsystemen und konventionellem Anbau von annuellen Ackerkulturen).

Da im Rahmen des AUFWERTEN-Projektes keine Ressourcen für die notwendige Datenaufbereitung zur Verfügung standen, steht dieses Modul für die Demonstrationsversion nicht zur Verfügung. Eine wirtschaftliche Bewertung kann jedoch auch unabhängig vom Werkzeugs META-AfS mit Hilfe des ebenfalls im Forschungsprojekt AUFWERTEN entwickelten Agroforstrechners erfolgen (vgl. **Loseblatt # 34**).

Die ökologische Kriterienbewertung berücksichtigt die Schutzgüter Boden, Oberflächengewässer, Grundwasser, Lebensraum und Landschaftsbild. Ziel der Kriterienbewertung ist es, die Eignung von Agroforstsystemen zum Erhalt respektive zur Aufwertung dieser Schutzgüter festzulegen. Dazu wurden 10 quantitative Indikatoren (z.B. Bodenerosionsgefährdung durch Wasser) ausgewählt, die die Gefährdung, den Zustand oder die Veränderung des jeweiligen Schutzgutes erfassen und somit für dessen Bewertung eine hohe Aussagekraft besitzen. Anschließend wurde auf der Basis von Expertenwissen im Hinblick auf die ausgewählten Indikatoren festgelegt, inwieweit Agroforstsysteme in der Lage sind, einen Erhalt respektive eine Schutzwirkung zu erzielen. Diese Schutzwirkung wurde als Eignungsmaß auf einer Skala von 0 bis 100 bewertet.

META-AfS stellt dieses Expertenwissen als Basiseinstellungen zur Verfügung, erlaubt dem Nutzer jedoch, die Eignungsbewertung zu modifizieren. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, eine beliebige Auswahl an Kriterien zu treffen und diese nach eigenen Vorstellungen zu gewichten.

META-AfS ermöglicht dem Nutzer u.a. folgende Anwendungsoptionen:

- Quantifizierung und räumliche Zuordnung von allgemeinen Flächen- und Standorteigenschaften,
- Multikriterielle Bewertung einzelner Flächen bezüglich deren Eignung als Agroforstfläche unter Beachtung der anwenderspezifischen Maßgaben in Form von Szenarien,
- Identifizierung von landwirtschaftlich genutzten Flächen in Agrarbetrieben, Agrarräumen, Gemeinden oder größeren Regionen, die bezüglich eines oder mehrerer Schutzgüter für die Etablierung von Agroforstsystemen in besonderer Weise geeignet, teilweise geeignet oder ungeeignet sind,
- Ermittlung des Potentials an Flächen, die in einem räumlich abgegrenzten Gebiet unter Beachtung der anwenderspezifischen Maßgaben für Agroforstsysteme geeignet sind,
- Ermittlung des Agroforstflächenbedarfs, die für die Erzeugung einer bestimmten Menge an Holz erforderlich ist,
- Identifizierung von Flächen, auf denen Agroforstsysteme zu einer Verbesserung der Situation bezüglich einzelner oder mehrerer Schutzgüter beitragen können,
- flächenspezifische Herausstellung von Synergien und Konflikten zwischen unterschiedlichen Schutzgütern unter Beachtung der anwenderspezifischen Maßgaben und somit Unterstützung bei landnutzungsbezogenen Abwägungsprozessen,
- Austausch von Informationen durch Webkarten und Ergebnisse unabhängig vom Werkzeug.

1.4 Modellgebiet

Das Werkzeug META-AfS wurde exemplarisch für das Modellgebiet der Innovationsgruppe AUFWERTEN erstellt und ist folglich für die landwirtschaftlich genutzten Flächen der Gemeinden Sonnewalde und Finsterwalde sowie für die vier Gemeinden Crinitz, Massen-Niederlausitz, Lichterfeld-Schacksdorf und Sallgast des Amtes Kleine Elster anwendbar. Die aneinandergrenzenden Gemeinden haben eine Gesamtfläche von 37.750 ha und befinden sich im Nordosten des Landkreises Elbe-Elster in Südbrandenburg. Weitere Informationen zu den Standortverhältnissen im Modellgebiet enthält Abschnitt 3.1.

Für das Modellgebiet wurden einzelne Rechenschritte vorprozessiert. Hierdurch wird erreicht, dass die multikriteriellen Bewertungsalgorithmen im Zuge einzelner Abfragen eine deutlich geringere Rechenleistung erfordern und somit die Ergebnisse dem Anwender ohne größere Zeitverzögerung bereitgestellt werden können. Eine Übertragung auf andere Regionen ist prinzipiell möglich, insofern hierfür die Bereitstellung des entsprechenden Kartenmaterials sowie die Erstellung einer einheitlichen räumlichen Bezugsebene erfolgt (vgl. Kap. 2.2.2.1 zur sog. „Basiskarte“). Letzteres erfordert einen vergleichsweise hohen Zeitaufwand, da die vorliegenden Geometrien der verschiedenen Karten sowie der unterschiedlichen Betrachtungsebenen (z.B. Flurstücks- und Schlagebene) häufig nicht exakt übereinstimmen und es somit u.a. bezüglich der Flächenzugehörigkeit zum Teil Einzelfallentscheidungen bedarf. Um die Rechenzeit möglichst gering zu halten wird auch für andere Regionen – insbesondere dann, wenn eine große Anzahl von Einzelflächen bzw. -polygonen vorliegt – eine Vorprozessierung der Daten empfohlen.

2 METHODIK

2.2 Vorarbeiten

2.2.1 Datenbeschaffung

Eine Zusammenstellung wichtiger, für das Werkzeug META-AfS genutzter Datensätze und ihrer Quellen ist in Tabelle 1 dargestellt. Hierzu gehören u.a. auch das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) und die Flächengeometrien des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems der Agrarverwaltung (InVeKoS), welche bei der Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (LGB) erhältlich sind. Ferner wurden digital verfügbare Kartenwerke zu Klima-, Boden-, Gewässerdaten sowie biodiversitäts- und schutzgebietsrelevante Karten genutzt. Zahlreiche Karten werden kostenfrei zur Verfügung gestellt. Bei anderen ist – insbesondere, wenn größere Regionen betrachtet werden – jedoch mit zum Teil erheblichen Kosten zu rechnen. Dies betrifft vor allem Daten des digitalen Geländemodells, Bodenschätzungsdaten und digitale Orthophotos (Luftbildaufnahmen).

Die einer konkreten Fläche zugeordneten Standortmerkmale können nur so genau wie das zur Verfügung stehende Kartenmaterial sein. Bei der Beschaffung der Datensätze wurde darauf geachtet, dass diese möglichst räumlich hoch aufgelöst sind. Prinzipiell liegen jedoch nicht für alle relevanten Parameter Daten in zufriedenstellender Auflösung vor. Als ein Beispiel seien fehlende Grundwasserflurabstandskarten angeführt. So konnte der für die Zuwachsleistung der Bäume sehr wichtige Faktor Grundwassertiefe mangels verfügbaren Datensätzen in ausreichend hoher Auflösung bei der Ertragschätzung nicht berücksichtigt werden.

Ferner wurde darauf geachtet, dass nur Karten bzw. Daten genutzt werden, die den jeweiligen Parameter in einheitlicher Genauigkeit für das gesamte Modellgebiet abbilden. Informationen, die nur für einen bestimmten Teil des Modellgebietes vorliegen oder bezüglich ihrer Qualität räumlich

stark differieren sind problematisch, da die Ergebnisse bezüglich Genauigkeit und räumlicher Vollständigkeit hierdurch nachteilig beeinflusst werden können.

Tabelle 1: Zusammenstellung verwendeter Datensätze und ihrer Quellen

	Datensatz	Quellen
Administrative Grenzen	Flurstück, Gemeinde (Datensatz des amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems ALKIS)	Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
Flächennutzung	Tatsächliche Nutzung – Landwirtschaft (ALKIS) Digitales Feldblockkataster – DFBK (Datensatz des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems –InVeKoS) Schlagflächen (InVeKoS)	Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
Relief	Digitales Geländemodell Gitterweite 5 m (DGM5)	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
Boden	Bodenübersichtskarte (BÜK) Bodenschätzungsdaten (ALKIS)	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
Gewässer	Gewässernetz Seen Hochwasser-Gewässernetz Festgesetzte Überschwemmungsgebiete des Landes Brandenburg	Landesamt für Umwelt Brandenburg, Daten des Landwirtschafts- und Umweltinformationssystems des Landes Brandenburg (LUIS-BB) zum Thema Wasser
Klima	Niederschlag Temperatur Windgeschwindigkeit	Deutscher Wetterdienst (DWD)
Biodiversität	Flächendeckenden Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLN) im Land Brandenburg – CIR-Biototypen 2009 Sensible Moore Verbreitungsübersichten für ausgewählte Vogelarten	Landesamt für Umwelt Brandenburg, Daten des Landwirtschafts- und Umweltinformationssystem des Landes Brandenburg (LUIS-BB) zum Thema Naturschutz
Schutzgebiete	Schutzgebiete nach Naturschutzrecht Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Gebiete Vogelschutzgebiete (SPA) RAMSAR-Gebiete Wasserschutzgebiete	Landesamt für Umwelt Brandenburg, Daten des Landwirtschafts- und Umweltinformationssystem des Landes Brandenburg (LUIS-BB) zum Thema Naturschutz
Gehölzstrukturen	Flächendeckenden Biotop- und Landnutzungskartierung (BTLN) im Land Brandenburg – CIR-Biototypen 2009 Landschaftselemente (InVeKoS) Tatsächliche Nutzung – Gehölz (ALKIS)	Landesamt für Umwelt Brandenburg, Daten des Landwirtschafts- und Umweltinformationssystem des Landes Brandenburg (LUIS-BB) zum Thema Naturschutz Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg
Luftbilder	Digitale Orthophotos 40 cm	Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg

2.2.2 Erstellung einer einheitlichen räumlichen Bezugsebene

Für die Durchführung der META-AfS-Berechnungen sind einheitliche räumliche Bezugsebenen erforderlich, das heißt, unveränderbare und eindeutig identifizierbare Geometrien bzw. Polygone, denen für alle relevanten Parameter Datenbankinformationen zugeordnet werden können.

Die Berechnung der Informationen, die eine multikriterielle Bewertung ermöglichen, erfolgt für jede Einheit der Bezugsebene, also für jedes Polygon. Im Werkzeug META-AfS existieren zwei Bezugsebenen. Die Flurstückebene wurde gewählt, um eine möglichst hohe Flächenauflösung zu erreichen. Außerdem stand wesentliches Datenmaterial auf dieser Ebene zur Verfügung. Zusätzlich zur Flurstückebene ermöglicht META-AfS eine Bewertung auf Schlagebene. Schläge stellen in der Landwirtschaft die übliche Bewirtschaftungseinheit dar und sind für die landwirtschaftliche Praxis daher von hoher Relevanz. Durch die Option, eine schlagbasierte Bewertung durchführen zu können, kann das Anwendungspotential des Werkzeuges – vor allem für die landwirtschaftliche Praxis – erheblich gesteigert werden.

2.2.2.1 Flurstückebene (Basiskarte)

Für die Erstellung einer Basiskarte als Bewertungsgrundlage dienten die Flurstückgrenzen aus dem ALKIS-Datensatz. Ein Flurstück ist die amtliche Bezeichnung für die kleinste Buchungseinheit des Liegenschaftskatasters. Die Flurstücke bilden somit die kleinste Flächenauflösung bei der Eignungsbewertung bezüglich der Etablierung von Agroforstsystemen. Die Nutzung dieser Bezugsebene liefert ebenfalls für die Flächenplanung interessante Informationen zum (vor allem für die neuen Bundesländer typischen) historisch bedingten Kleinmosaik der Bewirtschaftungsflächen und damit indirekt zu den Eigentumsverhältnissen und der Problematik der hohen Pachtflächenanteile in den Betrieben.

Um im Modellgebiet auch landwirtschaftlich genutzte Flurstücke zu erfassen, die im ALKIS-Datensatz nicht als solche angegeben waren, wurde zusätzlich das digitale Feldblockkataster (DFBK) herangezogen. Bei Feldblöcken handelt es sich um zusammenhängende landwirtschaftlich genutzte Flächen, die aus mehreren Schlägen bestehen können und voneinander zumeist von in der Natur erkennbaren Außengrenzen abgrenzbar sind. Das Feldblockkataster wird jährlich aktualisiert. Sämtliche Flurstücke, die innerhalb eines Feldblocks liegen und bei denen somit eine landwirtschaftliche Nutzung unterstellt werden konnte, wurden in die Basiskarte integriert.

Da die Grenzen der unterschiedlichen Datensätze häufig nicht identisch waren, war es erforderlich, die Karte hinsichtlich Splitterpolygonen und sonstigen Artefakten zu bereinigen. Die Basiskarte des Modellgebietes umfasste insgesamt mehr als 32.000 Flurstücke.

2.2.2.2 Schlagebene

Als kleinste zusammenhängende Bewirtschaftungseinheit ist der Schlag in der Landwirtschaft von besonderer Bedeutung. Da dieser auch relevant für die jährliche Beantragung der Direktzahlungen ist, werden die Schlaggrenzen (InVeKoS-Daten) innerhalb von Feldblöcken jährlich aktualisiert. Die Mindestschlaggröße beträgt in den meisten Bundesländern (z.B. Brandenburg) 0,3 ha.

Abb. 2 zeigt einen Vergleich von Flurstück- und Schlagebene im gleichen Kartenausschnitt. Die Auswertungen und Entscheidungen in META-AfS können dementsprechend für einzelne Flurstücke bis hin zum gesamten Schlag getroffen werden, der häufig eine Vielzahl einzelner Flurstücke vereinigt.

In einigen Fällen lagen landwirtschaftlich genutzte Flurstücke außerhalb der Schlaggrenzen. Dies ist beispielsweise möglich, wenn seitens des Bewirtschafters kein Agrarförderantrag für die entsprechende Fläche gestellt und somit kein Schlag im Sinne des InVeKoS ausgewiesen wurde. Um bei der Flächeneignungsbewertung auch diese schlagexternen Flurstücke berücksichtigen zu können, wurden diese in META-AfS gesondert mitgeführt. Unter Filterregeln kann der Anwender diese sogenannten externen Flurstücke einbeziehen oder ausschließen. Bei einem Ausschluss werden nur die Flurstücke innerhalb der Schläge berücksichtigt. Der Eignungswert der Schläge ergibt sich aus dem flächengewichteten Mittel der Flurstückergebnisse.

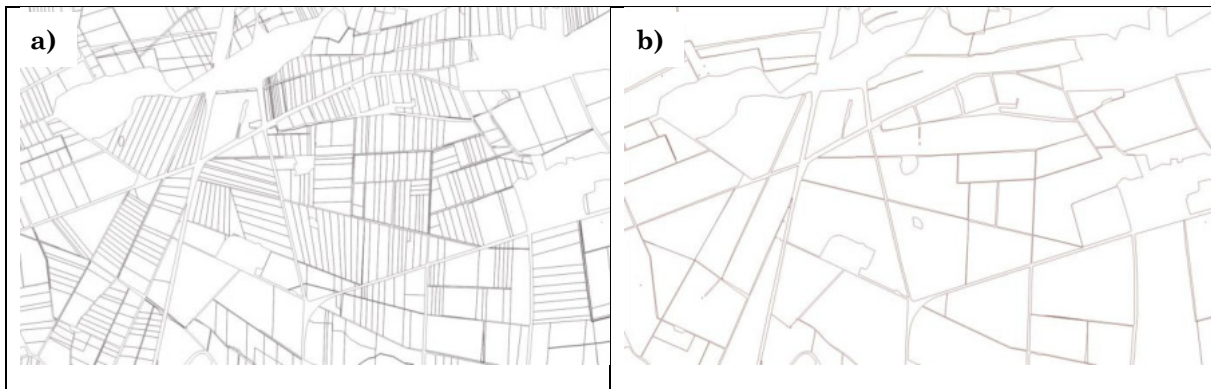


Abbildung 2: Beispielhafter Kartenausschnitt in der Gemeinde Sonnewalde für a) Flurstückenebene (Basiskarte) und b) Schlagenebene

2.2.3 Ausarbeitung einer Gebietskulisse für die Eignung von Agroforstsystemen

Für die Bewertung der Eignung der Landschaft bzw. ausgewählter Landwirtschaftsflächen für die Anlage von Agroforstsystemen wird für die Eignungsbewertung durch META-AfS eine dreigliedrige Gebietskulisse, die unterschiedliche Eignungsstufen repräsentiert, genutzt (Abb. 3).

Mit Hilfe der Eignungsgebiete lassen sich unter Hinzunahme weiterer Auswahlkriterien und der Berücksichtigung der standörtlichen Gegebenheiten sogenannte Zielgebiete ableiten. Diese Zielgebiete könnten für behördliche Planungen oder auch für die Ausweisung einer gezielten Förderkulisse – beispielsweise im Rahmen der Regionalisierung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) – genutzt werden.

Als Eignungsgebiet der Kategorie A („besonders geeignet“), wird eine räumliche Abgrenzung verstanden, in denen Agroforstsysteme, verglichen zur derzeitigen Flächennutzung, ein prinzipiell geeignetes Landnutzungssystem darstellen, ohne dass auf eventuell auftretende negative Effekte gesondert reagiert werden muss. Eignungsgebiete der Kategorie B sind ebenfalls „geeignet“, jedoch sind hierbei spezifische Gestaltungsanforderungen (z.B. bezüglich Baumartenwahl) zu berücksichtigen. Auch besondere ökonomische oder pflanzenbauliche Herausforderungen können durch die Klassifizierung in Kategorie B angezeigt sein.

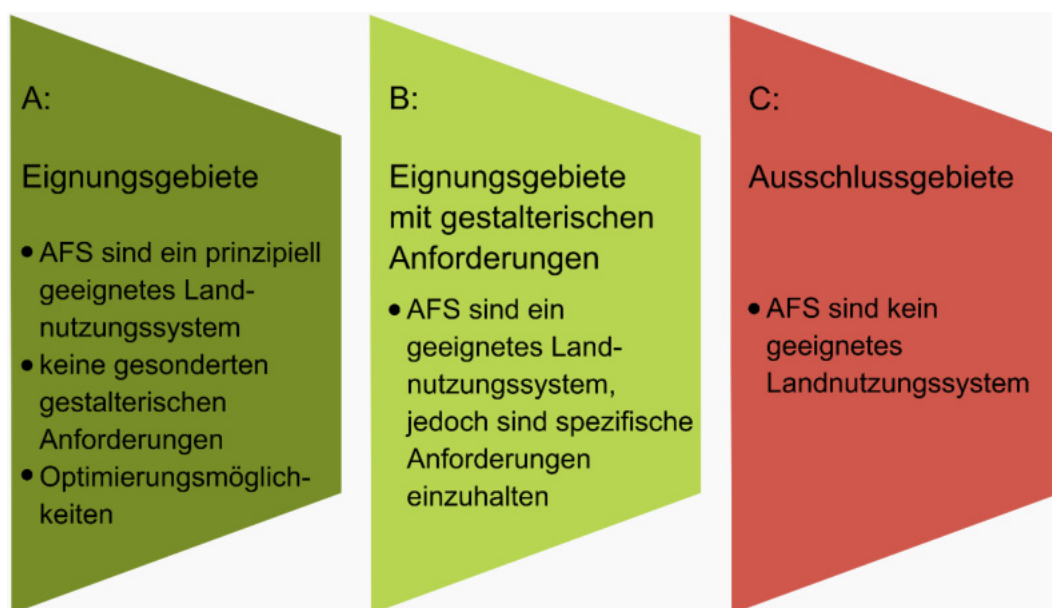















Abbildung 3: Definition einer dreigliedrigen Gebietskulisse zur Eignung von Agroforstsystemen

Neben Zielgebieten ist es auch sinnvoll, Ausschlussgebiete räumlich abzugrenzen. Daher werden mit der Kategorie C („ungeeignet“) Flächen angezeigt, auf denen sich die Anlage von Agroforstsystemen nachteilig auf verschiedene Parameter des Naturhaushaltes auswirkt oder bestimmte Mindestanforderungen an die Agroforstwirtschaft schlichtweg nicht erfüllbar sind.

2.3 Aufbau und Funktionsweise des Werkzeuges META-AfS

Der generelle Aufbau des Werkzeuges META-AfS ist in Abbildung 4 ersichtlich. Das Werkzeug besteht aus den Funktionsbereichen: Datei, Filterregeln, Managementoptionen, Kriterienbewertung, Kriterienauswahl und -gewichtung, Szenarienergebnis berechnen, Webmapping und Hilfe. Die Funktionsbereiche mit deren Symbolen und ein Verweis zu den relevanten Unterkapiteln sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Funktionsbereiche in META-AfS

Funktionsbereich	Symbol	Kapitel
Startseite		
Szenario laden		
Filterregeln		2.3.1
Managementoptionen		2.3.2
Kriterienbewertung (Schutzgüter)		2.3.3
Landschaftsbild		2.3.3.1; 2.3.3.2
Habitat		2.3.3.3; 2.3.3.4
Boden		2.3.3.5; 2.3.3.6
Oberflächengewässer		2.3.3.7; 2.3.3.8
Grundwasser		2.3.3.9; 2.3.3.10
Gewichtung		2.3.4
Szenarienergebnis berechnen		2.3.5
Webmapping-Modul		2.3.6
Verknüpfung mit der Entscheidungshilfe zur Planung von Agroforstflächen		2.3.7

Die mittels META-AfS generierbaren Ergebnisse werden in drei unterschiedlichen Formaten bereitgestellt: Tabellen und Grafiken innerhalb von META-AfS, ein Dashboard mit Informationen zu Szenarien und Schlagdaten sowie Flächengeometrien (Abb. 4).

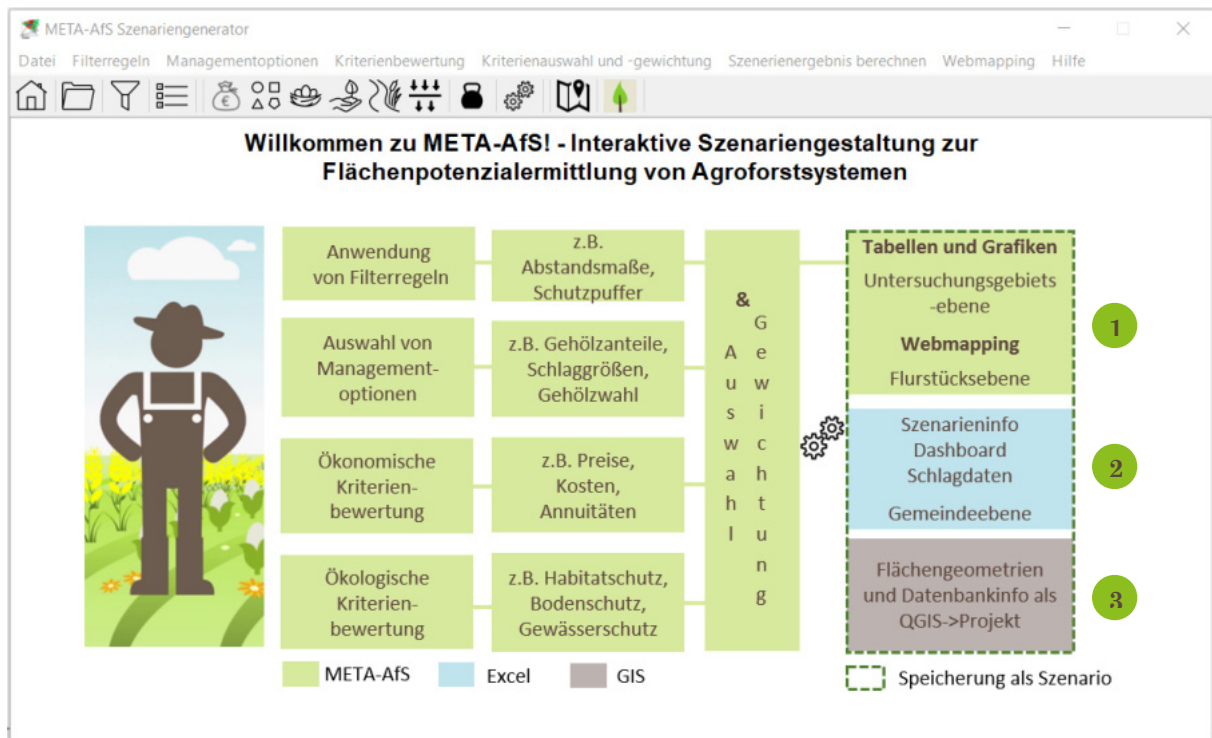















Abbildung 4: Startseite des Werkzeuges META-AfS

- 1 Die Darstellung von Grafiken und Tabellen zur Flächennutzung innerhalb der Programmoberfläche von META-AfS helfen dabei, das Modellgebiet zu analysieren und Auswirkungen der vorgenommenen Einstellungen bereits während des Prozesses der Szenarienerstellung beurteilen zu können.
- 2 Nach erfolgter Szenarienerstellung werden wichtige Einstellungen (z.B. Filterregeln, ausgewählte Managementoptionen) visualisiert, welche später mit jenen von anderen Szenarien verglichen werden können. Ferner werden die Ergebnisse des jeweiligen Szenarios für eine flankierende räumliche Analyse auf Gemeindeebene in einem „Dashboard“, welches automatisiert erstellt wird, zusammengestellt. Die Ergebnisdarstellung dieser Ebene erfolgt MS-Excel-basiert.
- 3 Die nach erfolgter Szenarienberechnung ausgegebenen Flächengeometrien (als Shape-Dateien) sowie die dazugehörigen Flächeninformationen werden anschließend in das frei verfügbare Geoinformationssystem QGIS® importiert und können damit bei Bedarf weiter analysiert werden.

Innerhalb META-AfS finden zusätzliche Symbole eine Nutzung, auf deren Funktion in Tabelle 3 kurz eingegangen wird.

Tabelle 3: Sondersymbole in META-AfS

Funktion	Symbol	Beschreibung
Info		Gibt ausführliche Informationen und Beispiele für die jeweiligen Funktionsbereiche.
Infografik		Gibt Auskunft über die abgefragten Daten, wie Filterregeln oder Ertrag, anhand der Nutzung.
Indikatorgrafik		Generiert einen Boxplot für die Werte der jeweiligen Indikatoren anhand der Nutzung im Modellgebiet.
Hilfsgrafik zum Indikatorenvergleich		Generiert einen Boxplot für die Werte aller Indikatoren anhand der Nutzung im Modellgebiet
Scatterplot zur Korrelation der Indikatoren		Generiert eine Korrelation zwischen zwei beliebigen Indikatoren
Zurücksetzen		Setzt die Werte in die Ausgangsposition zurück
Anwenden		Filterregeln, Managementoptionen, Kriterienbewertung und Szenarienergebnis berechnen und auf die ausgewählten Parameter anwenden
Speichern		Speichert ein Szenario oder eine Tabelle
Reset original view		Setzt bei Grafiken die ursprüngliche Ausrichtung zurück
Pan axes with left mouse, zoom with right		Entlang der Achsen mit linker Maustaste verschieben, Zoomen mit rechter Maustaste
Zoom to rectangle		Zoomrechteck in einer Grafik
Configure subplots		Konfigurieren der Grafik
Bild speichern (Save the figure)		Speicherung der Grafik in verschiedenen Formaten

2.3.1 Filterregeln

Um bestimmte Flächen von vornherein auszuschließen oder die multikriterielle Bewertung nur auf einen bestimmten Typ von Flächen zu beschränken, kann der Anwender von META-AfS **Filterregeln** festlegen (Abb. 5).

Die **Filterregeln** werden in **Flächenrestriktionen**, **Abstandsmaße – Distanzpuffer** und **Flächenauswahl – Schutzpuffer** unterteilt.

- 1 Im Bereich **Flächenrestriktionen** können Flächen mit bestimmter Nutzung oder mit einem bestimmten Schutzstatus aus der Szenarienberechnung gezielt ausgeschlossen werden.
- 2 Im Bereich **Abstandsmaße – Distanzpuffer** können Pufferflächen über spezifische Abstandsmaße ausgeschlossen werden (z.B. alle Flächen, die sich im Umkreis von bis zu 300 m von Windkraftanlagen befinden). Bei durch Puffergrenzen angeschnittenen Flurstücken werden jene ausgeschlossen, deren Fläche zu mehr als 50 % innerhalb der angegebenen Distanzpuffer liegen.
- 3 Im Abschnitt **Flächenauswahl – Schutzpuffer** besteht die Möglichkeit, Präferenzflächen gezielt auszuwählen (z.B. alle Flächen in Gewässernähe, die maximal 50 m von Gewässern entfernt liegen). Angeschnittene Flurstücke werden ausgewählt, sofern mindestens 50 % des Flächenanteils innerhalb des Schutzpuffers liegen.

Die hier aufgeführten Filterregeln wurden für das Modellgebiet als relevant angesehen. Prinzipiell könnten weitere Filterregeln in das META-AfS-Werkzeug integriert werden. Voraussetzung

hierfür ist allerdings die Vorlage von digitalem Kartenmaterial, welches die Grenzen der Filterregel abbildet.

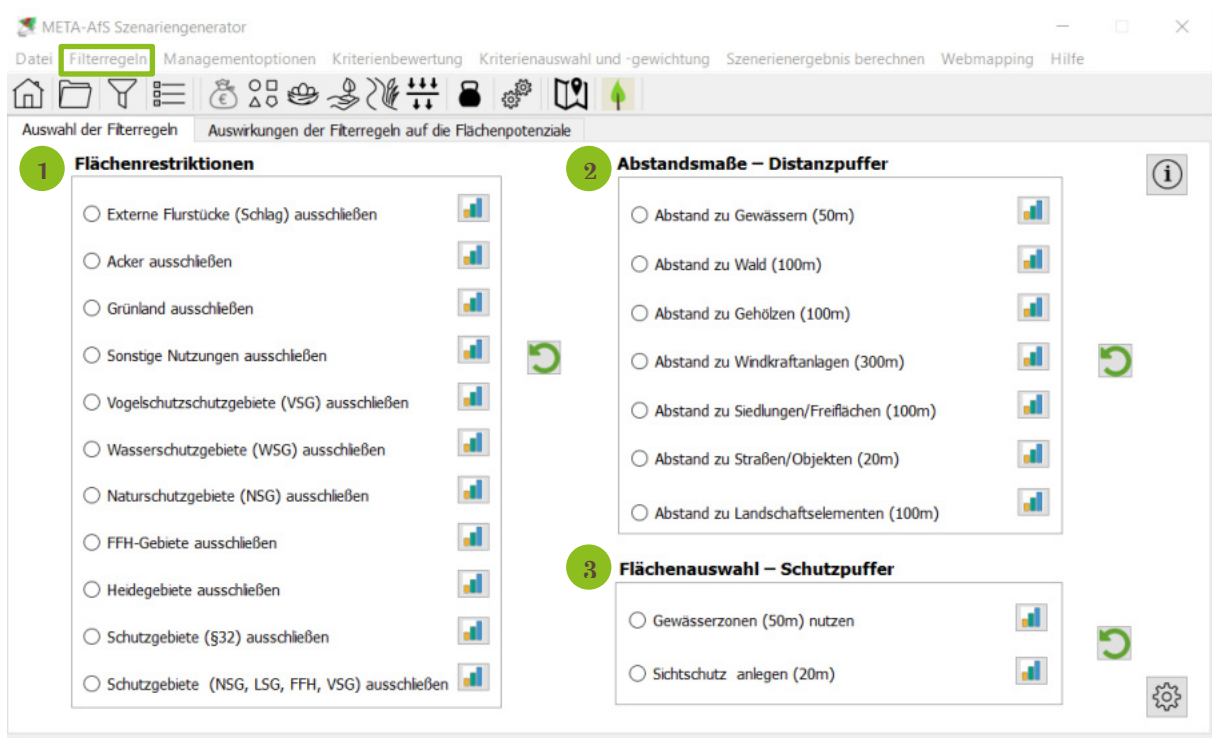


Abbildung 5: Bildschirmansicht „Filterregeln“ im Werkzeug META-AfS

2.3.2 Managementoptionen

Mit Hilfe der **Managementoptionen** ist es dem Anwender möglich, die Szenarienerstellung an bestimmte Bedingungen zu knüpfen. So können hier 10 verschiedene Einstellungen bezüglich Baumart, Holzertrag, Gehölzflächenanteilen, Flächengrößen und Produktivitätsniveaus (Ackerzahlen) vorgenommen werden. Für diese können bis zu drei unterschiedliche Optionen parallel berücksichtigt werden (Abb. 6).

- 1 Die Matrix beinhaltet aktuell drei Baumarten (Robinie, Pappel, Weide). Nur wenn die Baumart ausgewählt wird, wird auch der dazugehörige Minimalertrag je Baumart berücksichtigt.
- 2 Die weiteren einstellbaren Größen ermöglichen es Bezüge zwischen den Kriterien herzustellen. Zum Beispiel können Holzertrag, Gehölzanteile und Ackerzahlen kombiniert werden, indem typische Wertekombinationen den drei möglichen Optionen zugeordnet werden.

Durch die Möglichkeit, maximale Gehölzflächenanteile an Flurstücken und Schlägen festlegen zu können, wird gewährleistet, dass bei der Flächeneignungsbewertung agroforstliche Nutzungskonzepte mit unterschiedlichen Gehölzanteilen Berücksichtigung finden können. Wird beispielsweise der maximale Gehölzanteil am Schlag auf 10 % und jener am Flurstück auf 100 % gesetzt, so werden nur Flurstücke innerhalb des Schlages angezeigt, deren Flächensumme maximal 10 % des Schlages betragen, wobei nur komplette Flurstücke in die Berechnung einbezogen werden. Die Selektion der Flurstücke erfolgt hierbei absteigend in Abhängigkeit ihres Eignungswertes. Werden die Gehölzanteile am Flurstück auf kleiner als 100 % gesetzt, werden entsprechend mehr Flurstücke in die Berechnung einbezogen, um den schlagebezogenen Zielwert zu erreichen. Das heißt,

durch die Auswahl der Gehölzanteile auf Flurstücks- und auf Schlagenebene besteht die Möglichkeit unterschiedliche Raummuster einer potentiellen agroforstlichen Nutzung zu erzeugen.

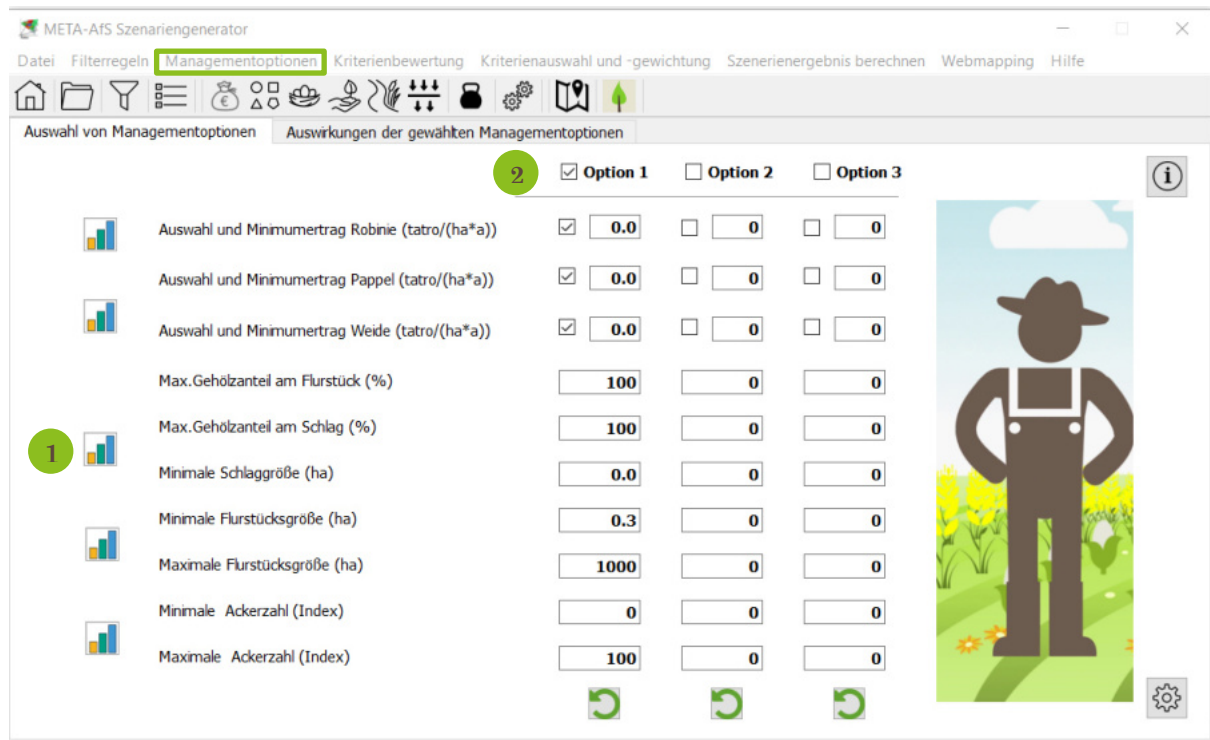


Abbildung 6: Bildschirmansicht „Managementoptionen“ im Werkzeug META-AfS

2.3.3 Kriterienbewertung (Schutzgüter, Kriterien und Indikatoren)

Um den Einfluss von Agroforstsystemen auf die Schutzgüter (Boden, Oberflächengewässer, Grundwasser, Habitat bzw. Lebensraum und Landschaftsbild) beschreiben und somit einschätzen zu können, wurden Kriterien festgelegt, mit deren Hilfe zentrale Effekte auf das jeweilige Schutzgut quantifiziert werden können. Insgesamt wurden für jedes der fünf Schutzgüter zwei Kriterien ausgewählt (Tab. 4). Die Abbildung und Bewertung der Kriterien erfolgte über spezifische Indikatoren, deren Informationsgehalt auf ordinal oder metrisch skalierbaren Datensätzen beruht. Die Festlegung der Indikatoren erfolgte durch die an der Entwicklung von META-AfS beteiligten Experten der Innovationsgruppe AUFWERTEN. Die Berechnung der flächenspezifischen Indikatorenwerte basiert auf referenzierten Methoden (vgl. 2.3.3.11).

Tabelle 4: Schutzgüter, Kriterien und Indikatoren im Werkzeug META-AfS

Schutzgüter	Kriterien	Indikatoren (Einheit)
	Aufwertung des Landschaftsbildes	
Landschaftsbild	i) Verbesserung der Landschaftsstruktur ii) Erhöhung der Landschaftsvielfalt	Kammerungsindex (Index) Shannon's Diversitätsindex (Index)
Habitat	Habitateignung für Offenlandbrüter Habitateignung für Gehölzbrüter	Baumreihendichtungen (m/km ²) Baumreihendichtungen (m/km ²)
Boden	Schutz vor Winderosion Schutz vor Wassererosion	pot. Bodenabtrag durch Wind (Klasse) pot. Bodenabtrag d. Wasser (t/(ha*a))
Oberflächengewässer	Schutz vor Eutrophierung Schutz vor Sedimenteintrag	pot. Phosphoreintrag (kg/(ha*a)) pot. Sedimenteintrag (t/(ha*a))
Grundwasser	Schutz vor Nitratauswaschung Erhalt der Tiefensickerung	Austauschhäufigkeit (%/a) Sickerwasserreduzierung (mm/a)

Die **Kriterienbewertung** (vgl. Abb. 7) erfolgt im Kontext der Etablierung von Agroforstsystemen immer aus der Nutzenperspektive. Dies bedeutet, dass für die Eignungsbewertung einer bestimmten Fläche gefragt werden muss, ob die Begründung eines Agroforstsystems geeignet ist, um den Zustand eines bestimmten Kriteriums zu erhalten oder zu verbessern (z.B. sollte bezüglich des Kriteriums Winderosion gefragt werden, ob Agroforstwirtschaft für die betreffende Fläche zum Schutz vor Winderosion geeignet ist).

Inwiefern sich Agroforstsysteme an einem bestimmten Ort oder auf einer spezifischen Fläche als sinnvoll erweisen wird dabei anhand von sogenannten „Eignungswerten“ ausgedrückt (Abb. 7). Diese können sich im Wertebereich zwischen 0 und 100 bewegen, wobei die Eignung in Richtung 100 zunimmt.

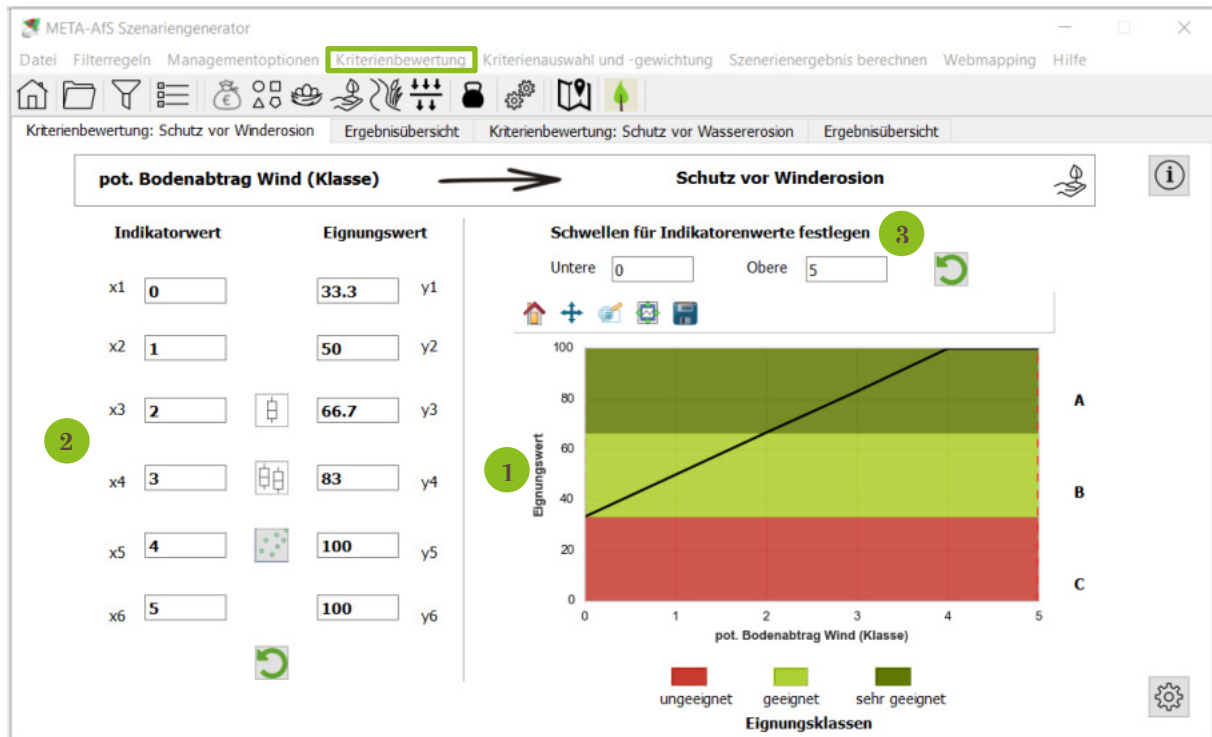


Abbildung 7: Bildschirmansicht „Kriterienbewertung“ (Beispiel Voreinstellung Schutz vor Winderosion) im Werkzeug META-AfS

- 1 Zur schnelleren Einordnung der Eignungswerte wurden drei Eignungsklassen festgelegt (s. auch Abschnitt 2.2.3). Liegt der Wert zwischen 0 und 33,3 bedeutet es, die Agroforstwirtschaft würde den Kriteriumzustand verschlechtern, weswegen eine Zuweisung der Fläche in Kategorie C („nicht geeignet“) erfolgt. Bei einem Wert $\geq 33,3$ bis $\leq 66,6$ gilt die agroforstliche Nutzung für die jeweilige als geeignet. Allerdings ist nicht von einer starken Verbesserung des Kriteriumzustandes auszugehen. Zudem sind ggf. spezifische Gestaltungsanforderungen zu beachten. Flächen mit Eignungswerten in diesem Bereich entsprechen der Kategorie B („geeignet“). Ab einem Wert von $\geq 66,7$ verbessert die Agroforstwirtschaft den Kriteriumzustand deutlich und die Fläche wird der Kategorie A („besonders geeignet“) zugeordnet.
- 2 Die Eignungswerte werden in META-AfS den Indikatorwerten gegenübergestellt. Dies ermöglicht die Erstellung von Funktionen, anhand derer eine individuelle Zuordnung der Eignungswerte (Y-Achse) zu den entsprechenden Indikatorwerten (X-Achse) möglich ist (Abb. 7). Folglich kann einem bestimmten Indikatorwert (z.B. 10 t/(ha*a) Bodenabtrag durch Wasser) ein spezifischer Eignungswert zwischen 0 und 100 zugeordnet werden (insgesamt ist je Funktion die Festlegung von bis zu sechs Stützpunkten möglich). Eine Fläche kann also bei gleichem Indikatorwert als nicht geeignet, geeignet oder besonders

geeignet angesehen werden. Damit wird es dem Anwender möglich, die Eignung von Flächen bezüglich der Kriterien nach Maßgabe seiner persönlichen Expertise bzw. seiner individuellen Ziele zu ermitteln. Um dem Nutzer von META-AfS diesbezüglich Anhaltspunkte zu liefern, enthält das Werkzeug voreingestellte Funktionen, die auf Basis von Expertenwissen generiert wurden (Abb. 7).

3

Neben der Anpassung der Funktion kann der Anwender überdies von vornherein bestimmte Wertebereiche ausschließen. Hierfür hat er die Möglichkeit, Grenzen anzugeben, die in META-AfS als Schwellenwerte bezeichnet werden. Dies kann beispielsweise sinnvoll sein, wenn auf Flächen mit bestimmten Indikatoreigenschaften unter keinen Umständen Agroforstsysteme angelegt und diese somit ausgeschlossen werden sollen, um Eignungskonflikte zu vermeiden.

Um für die Kriterienbewertung einen zusammenfassenden Überblick zu erhalten, wurde für jedes Kriterium ein Steckbrief erstellt, der neben allgemeinen Informationen, die in META-AfS voreingestellte Expertenbewertung enthält. Diese Steckbriefe werden im Folgenden vorgestellt:

2.3.3.1 Steckbrief: Verbesserung der Landschaftsstruktur

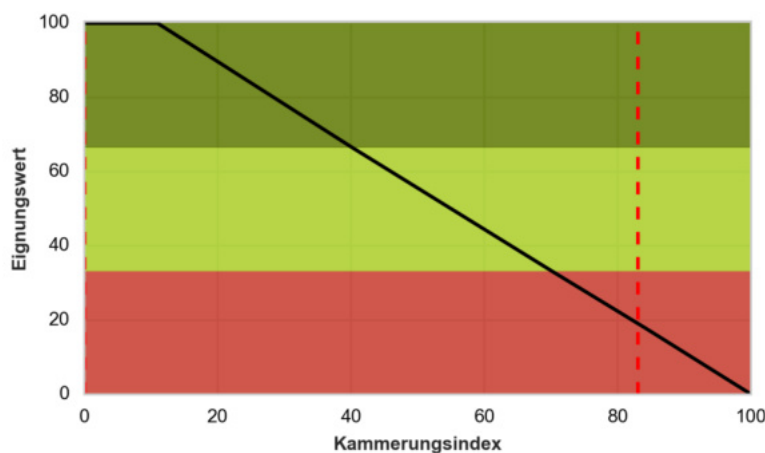
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Landschaftsbild	Schönheit	Verbesserung der Landschaftsstruktur	Kammerungsindex (Index)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Agroforstsysteme (AFS) als sichtraumbegrenzende Landschaftsstrukturen erhöhen die „Kammerung der Landschaft“. Somit kann sich die Attraktivität einer Landschaft erhöhen, bei bereits hoher Kammerung jedoch auch vermindern.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Bis zu einem Indexwert der „Kammerung der Landschaft“ von 41 Punkten ist die Anlage von AFS zu befürworten (Klasse „A“ – Eignungsgebiet; Eignungswert $\geq 66,7$). Hierbei ist davon auszugehen, dass Gehölzstreifen in Gebieten mit aktuell geringem Anteil vertikaler Landschaftsstrukturen das Landschaftsbild aufwerten können. Bei einer starken Kammerung ab einem Indexwert von 71 Punkten sind negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Überfrachtung mit Gehölzstreifen zu befürchten, sodass bei einer Vielzahl bestehender natürlicher Elemente von der Anlage von Agroforstsystemen aus landschaftsästhetischer Sicht abgesehen werden sollte (Klasse „C“ – Ausschlussgebiet; Eignungswert $< 33,3$). Im Zwischenbereich hängt die Empfehlung für oder wider Agroforstsystem von dessen Gestaltung ab, daher erfolgt die Einstufung in Klasse „B“ – Eignungsgebiet unter besonderen gestalterischen Anforderungen.



Nr.	x	y
1	0	100
2	11	100
3	40	66,7
4	70	33,3
5	84	0
6	100	0

Klasse	Bezeichnung
	Besonders geeignet
	Geeignet
	Nicht geeignet

Es wird ein Schwellenwert von 84 empfohlen (rote gestrichelte Linie), da nach der visuellen Bewertung von Landschaftsaufnahmen durch Experten der Landschaftsbildbewertung alle Flächen mit einem höheren Kammerungsindex von der multikriteriellen Bewertung ausgeschossen werden sollten.

Filterregeln:

Es werden keine besonderen Filterregeln für die Bewertung dieses Kriteriums empfohlen.

2.3.3.2 Steckbrief: Erhöhung der Landschaftsvielfalt

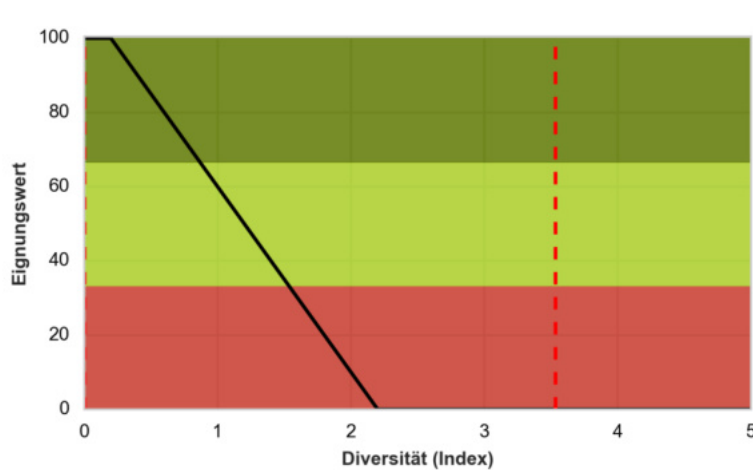
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Landschaftsbild	Vielfalt	Erhöhung der Landschaftsvielfalt	Shannon's Diversitätsindex (Index)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Ist die „Diversität der Landschaft“ hoch, charakterisiert durch vielfältige, wahrnehmbare und landschaftsästhetisch wirkende Strukturen, werden Agroforstsysteme (AFS) als störend empfunden.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Bis zu einem Shannon Diversitätsindex (SHDI) von 0,8 Punkten ist die Anlage von AFS uneingeschränkt zu befürworten (Klasse „A“ – Eignungsgebiet; Eignungswert $\geq 66,7$), da es sich um eher gleichförmige oder strukturarme Landschaften handelt, die von Besuchern und Anwohnern oft als unspektakulär bzw. als Normlandschaft empfunden werden. Bei zunehmender „Diversität der Landschaft“ sind ab einem SHDI von 1,7 Punkten negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild durch Überdeckung zu befürchten, sodass von der Etablierung von AFS aus landschaftsästhetischer Sicht abgesehen werden sollte (Klasse „C“ – Ausschlussgebiet; Eignungswert $< 33,3$). Im Zwischenbereich hängt die Empfehlung von der Gestaltung des Agroforstsystems ab (Klasse „B“ – Eignungsgebiet unter besonderen gestalterischen Anforderungen).



Nr.	x	y
1	0	100
2	0,2	100
3	0,8	70
4	1,6	30
5	2,2	0
6	5	0

Klasse	Bezeichnung
	Besonders geeignet
	Geeignet
	Nicht geeignet

Es wird ein Schwellenwert von 3,5 empfohlen (rote gestrichelte Linie), da nach der visuellen Bewertung von Landschaftsaufnahmen durch Experten der Landschaftsbildbewertung alle Flächen mit einem höheren SHDI von der multikriteriellen Bewertung ausgeschlossen werden sollten.

Filterregeln:

Es werden keine besonderen Filterregeln für die Bewertung dieses Kriteriums empfohlen.

2.3.3.3 Steckbrief: Habitategnung für Offenlandbrüter

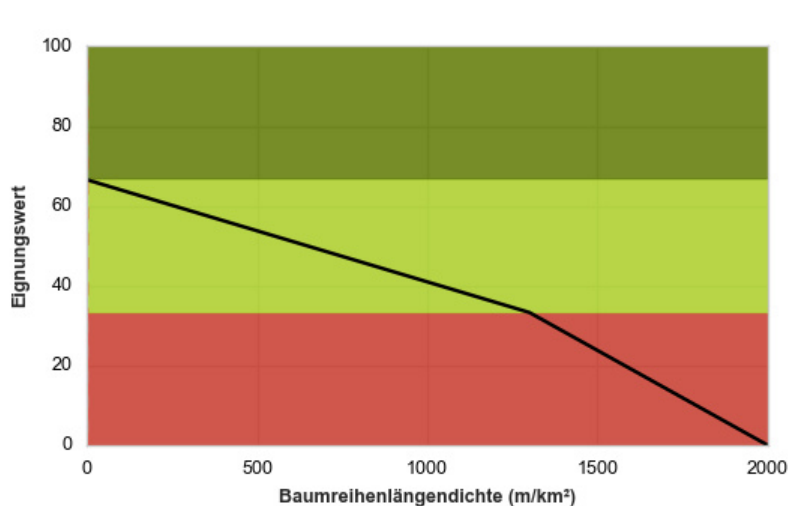
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Habitat	Offenlandbrüter	Habitategnung für Offenlandbrüter	Baumreihenlängendichte (m/km ²)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Agroforstsysteme (AFS) bewirken in der Offenlandschaft eine Verkleinerung der potentiellen Lebensraum- und Brutflächen einiger Agrarvogelarten (Bsp. Feldlerche, Kiebitz), die auf offene, unzerschnittene Landschaften angewiesen sind. Je mehr Bäume, beispielsweise linienhaft in Baumreihen, in der Landschaft vorhanden sind, desto reicher ist diese zwar strukturiert, aber desto ungeeigneter ist diese für die Offenlandarten der Avifauna. Daher sind Agroforstsysteme prinzipiell nicht besonders geeignet, als Habitat für Offenlandbrüter zu dienen.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Die Strukturierung der Landschaft kann über den Anteil der vorhandenen Baumreihenlänge (Länge der vorhandenen linienhaften Baumreihen in m) auf einer bestimmten Fläche (1 km²) ausgedrückt werden. Je mehr Bäume linienhaft auf einer Fläche von 1 km² vorhanden sind (Baumreihenlängendichte (m/km²)), desto ungeeigneter ist diese für Vögel der Offenlandschaft. Eine Baumreihenlängendichte von 0 m/km² stellt eine unstrukturierte Fläche ohne Baumstrukturen auf einer Fläche von 1 km² dar. Bei Baumreihenlängendichten von mehr als 1.300 m/km² wird die Fläche als ungeeignet eingestuft. Der maximale Eignungswert eines AFS für die Habitategnung wurde auf 66,6 festgelegt.



Nr.	x	y
1	0	66,6
2	355	57,5
3	710	48,4
4	1300	33,3
5	1600	19
6	2000	0

Klasse	Bezeichnung
Dark Green	Besonders geeignet
Light Green	Geeignet
Red	Nicht geeignet

Ein Schwellenwert wurde nicht festgelegt, weshalb alle Flächen, also auch jene, die eine Baumreihenlängendichte von > 2.000 m/km² aufweisen, in die multikriterielle Bewertung einfließen.

Filterregeln:

Die Berücksichtigung der Habitategnung für Offenlandbrüter bei der Anlage von Agroforstsystemen hat innerhalb wie außerhalb von **Schutzgebieten** eine hohe Bedeutung. Der **Abstand zu Gehölzen, Landschaftselementen und Wald** sollte berücksichtigt werden.



2.3.3.4 Steckbrief: Habitategnung für Gehölzbrüter

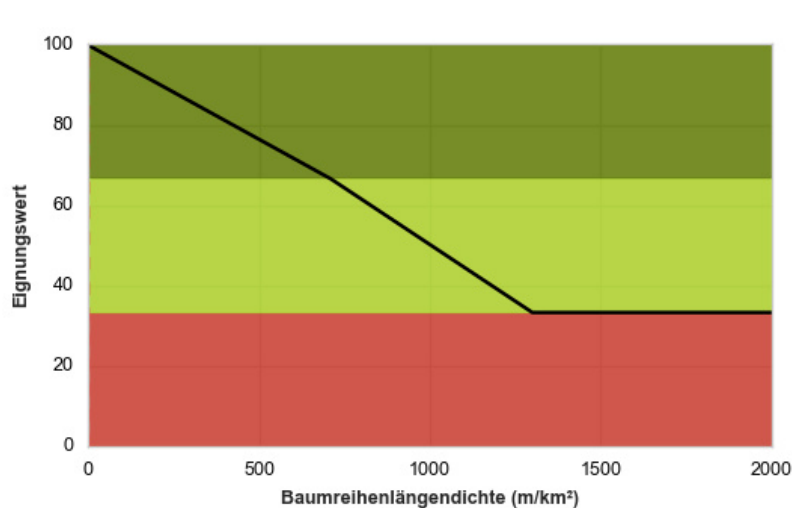
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Habitat	Gehölzbrüter	Habitategnung für Gehölzbrüter	Baumreihelängendichte (m/km ²)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Agroforstsysteme (AFS) schaffen in der Offenlandschaft eine Vergrößerung der potentiellen Lebensraum-, Brut- und Nahrungsflächen für gehölzbrütende Agrarvogelarten (Bsp. Neuntöter, Goldammer, Rebhuhn). Prinzipiell ist eine Etablierung eines Agroforstsystems, wenn dieses vielfältig gestaltet ist und strukturreich bewirtschaftet wird, geeignet für Gehölzbrüter. Ist der Gesamtanteil von Strukturen jedoch zu groß, stehen nicht mehr ausreichend separate Brutreviere zur Verfügung (Konkurrenz und Verdrängung) und die Anlagen sind auch als Nahrungsflächen nicht mehr geeignet.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Die Strukturierung der Landschaft kann über den Anteil der vorhandenen Baumreihelänge (Länge der vorhandenen linienhaften Baumreihen in m) auf einer bestimmten Fläche (1 km²) ausgedrückt werden. Je mehr Bäume/Hecken/Sträucher linienhaft auf einer Fläche von 1 km² vorhanden sind (Baumreihelängendichte (m/km²), desto geeigneter ist diese für Gehölzbrüter. Bei zu dichten Baum- und Heckenbeständen ist die Gesamtfläche dennoch als schwach geeignet einzustufen. Baumreihelängendichten von unter 710 m/km² werden als besonders geeignet, Baumreihelängendichten von mehr als 1.300 m/km² werden als wenig geeignet für Gehölzbrüter eingestuft.



Nr.	x	y
1	0	100
2	355	83,3
3	710	66,6
4	1300	33,3
5	1600	33,3
6	2000	33,3

Klasse	Bezeichnung
Dark Green	Besonders geeignet
Light Green	Geeignet
Red	Nicht geeignet

Ein Schwellenwert wurde nicht festgelegt, weshalb alle Flächen, also auch jene, die eine Baumreihelängendichte von > 2.000 m/km² aufweisen, in die multikriterielle Bewertung einfließen.

Filterregeln:

Die Berücksichtigung der Habitategnung für Gehölzbrüter bei der Anlage von Agroforstsystemen hat innerhalb wie außerhalb von Schutzgebieten eine hohe Bedeutung. Der Abstand zu Gehölzen, Landschaftselementen und Wald sollte berücksichtigt werden.

2.3.3.5 Steckbrief: Schutz vor Winderosion

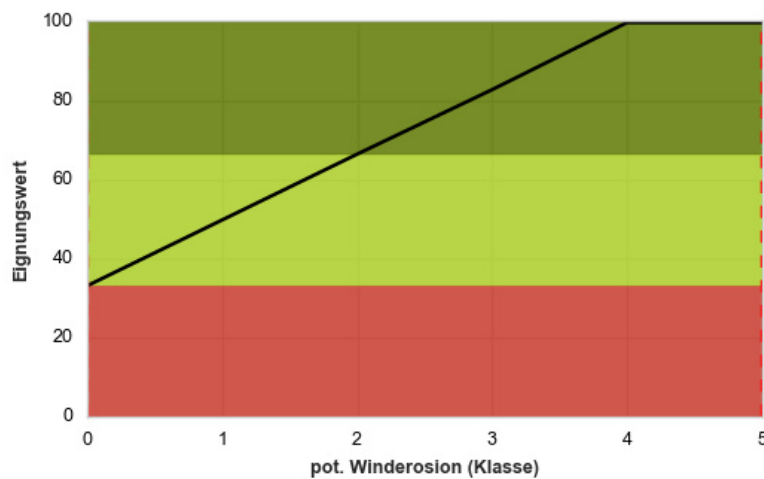
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Boden	Bodenschutz	Schutz vor Winderosion	pot. Bodenabtrag durch Wind (Klasse)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Agroforstsysteme (AFS) bewirken eine Reduktion des potentiellen Bodenabtrages durch Wind aufgrund einer permanenten Bodenbedeckung (Gehölzareale) und durch die Reduktion erosionsrelevanter Windgeschwindigkeiten im Bereich der Ackerkulturareale. Die Schutzwirkung ist in gehölzstrukturarmen Arealen am stärksten.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Agroforstsysteme haben auf Standorten mit hoher potentieller Gefährdung durch Winderosion (sanddominierte Bodenart, hohe mittlere Windgeschwindigkeit) eine hohe Schutzwirkung. Daher nimmt die Eignung der Fläche für Agroforstwirtschaft mit steigender Winderosionsschutzgefährdung zu. Ab einer Gefährdungsklasse von 2 werden Agroforstsysteme als besonders geeignet (Eignungswert $\geq 66,7$) betrachtet. Laut DIN 19706 entspricht diese einer geringen Gefährdung. Jedoch kann sich auch in diesen Fällen, insbesondere bei extremen Ereignissen, aufgrund der bestehenden Anfälligkeit, eine große Schadenswirkung entfalten. Negative Effekte werden durch die Anlage von Agroforstsystemen nicht erwartet.



Nr.	x	y
1	0	33,3
2	1	50
3	2	66,7
4	3	83
5	4	100
6	5	100

Klasse	Bezeichnung
Dark Green	Besonders geeignet
Light Green	Geeignet
Red	Nicht geeignet

Ein Schwellenwert wurde nicht empfohlen, weshalb alle Flächen in die multikriterielle Bewertung einfließen sollen.

Filterregeln:

100 m Abstand zu Gehölzen oder 100 m Abstand zu Landschaftselementen: Die Flächen in der Nähe von Gehölzen werden als weniger erosionsgefährdet angesehen und sind für den Winderosionsschutz daher nicht als prioritär anzusehen.

100 m Abstand zu Wald: Die Flächen in der Nähe von Wald werden als weniger erosionsgefährdet angesehen und sind für den Winderosionsschutz daher nicht als prioritär anzusehen.



2.3.3.6 Steckbrief: Schutz vor Wassererosion

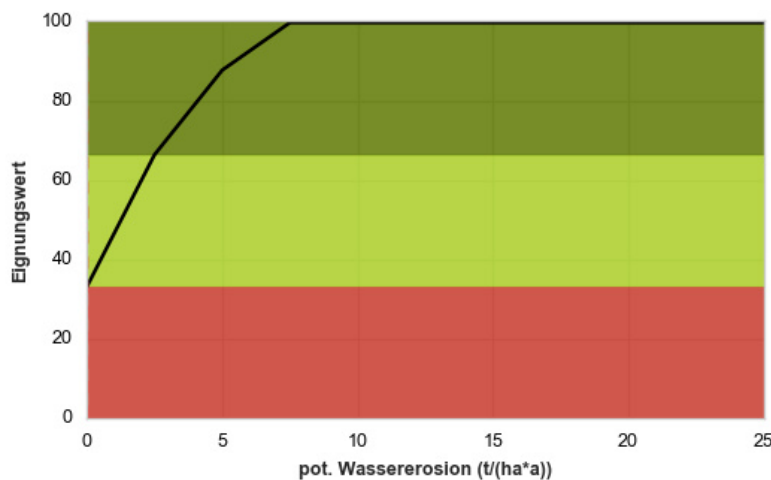
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Boden	Bodenschutz	Schutz vor Wassererosion	pot. Bodenabtrag d. Wasser (t/ha*a)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Agroforstsysteme (AFS) bewirken eine Reduktion des potentiellen Bodenabtrages durch Wasser aufgrund der permanenten Bodenbedeckung (Gehölzareale) und der damit verbundenen Stabilisierung des Bodens sowie an Hängen durch eine Verkürzung der Hanglänge und damit der Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Agroforstsysteme haben auf Strandorten mit hoher potentieller Gefährdung durch Wassererosion (feinsand- und lössdominierte Bodenart, hohe Niederschläge, Hanglage) eine hohe Schutzwirkung. Daher nimmt die Eignung der Fläche für Agroforstwirtschaft mit steigender Wassererosionsschutzgefährdung zu. Ab einem jährlichen Bodenabtrag von über 2,5 t/ha werden Agroforstsysteme als besonders geeignet (Eignungswert $\geq 66,7$) betrachtet. Laut DIN 19708 entspricht dies einer geringen Gefährdung, jedoch kann sich auch in diesen Fällen, insbesondere bei extremen Ereignissen, aufgrund der bestehenden Anfälligkeit, eine große Schadenswirkung entfalten. Negative Effekte werden durch die Anlage von Agroforstsystemen nicht erwartet.



Nr.	x	y
1	0	33,3
2	2,5	66,7
3	5	88
4	7,5	100
5	15	100
6	25	100

Klasse	Bezeichnung
Dark Green	Besonders geeignet
Light Green	Geeignet
Red	Nicht geeignet

Ein Schwellenwert wurde nicht empfohlen, weshalb alle Flächen, also auch jene, die durch einen potentiellen Wassererosionsabtrag von > 25 t/(ha*a) gekennzeichnet sind, in die multikriterielle Bewertung einfließen.

Filterregeln:

100 m Abstand zu Gehölzen oder 100 m Abstand zu Landschaftselementen: Die Flächen in der Nähe von Gehölzen werden als weniger erosionsgefährdet angesehen und sind für den Wassererosionsschutz daher nicht als prioritär anzusehen.

100 m Abstand zu Wald: Die Flächen in der Nähe von Wald werden als weniger erosionsgefährdet angesehen und sind für den Wassererosionsschutz daher nicht als prioritär anzusehen.

2.3.3.7 Steckbrief: Schutz vor Sedimenteintrag

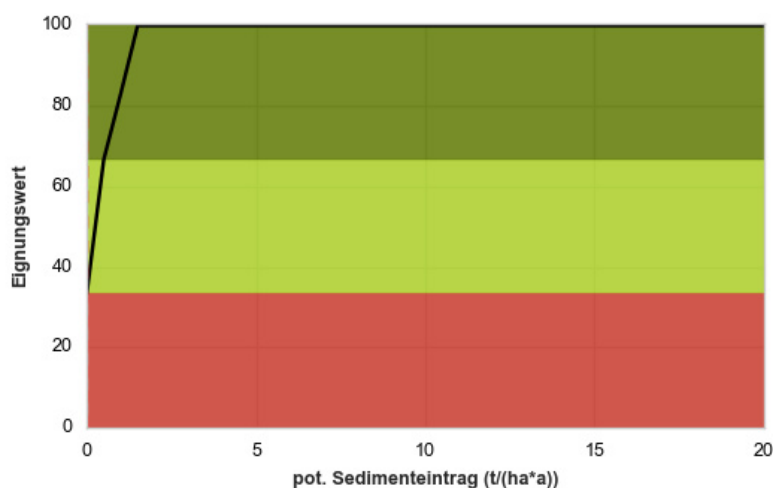
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Oberflächen-gewässer	Gewässerschutz	Schutz vor Partikeleintrag	potentieller Sedi-menteintrag (t/ha*a)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Agroforstsysteme (AFS) bewirken eine Reduktion des potentiellen Sedimenteintrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in angrenzende Gewässer aufgrund einer Reduzierung des potentiellen Bodenabtrages und bei Einbeziehung von Uferrandbepflanzungen durch deren direkte Barrierewirkung.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Agroforstsysteme haben auf gewässernahen Standorten eine hohe Schutzwirkung und besitzen bezüglich dieses Kriteriums vor allem auf Standorten mit hohem Oberflächenwasserabfluss ein hohes Eignungspotential. Ab einem potentiellen Eintrag von über 0,5 t/(ha*a) kann die Etablierung von Agroforstsystemen als besonders geeignet betrachtet werden (Eignungswert $\geq 66,7$). Negative Effekte auf den Sedimenteintrag sind nicht zu erwarten, weshalb Eignungswerte $< 33,3$ nicht auftreten.



Nr.	x	y
1	0	33,3
2	0,5	66,7
3	1	83
4	1,5	100
5	3	100
6	20	100

Klasse	Bezeichnung
Dark Green	Besonders geeignet
Green	Geeignet
Red	Nicht geeignet

Ein Schwellenwert wurde nicht empfohlen, weshalb alle Flächen, also auch jene, die durch einen potentiellen Sedimenteintrag von > 20 t/(ha*a) gekennzeichnet sind, in die multikriterielle Bewertung einfließen sollen.

Filterregeln:

50 m Abstand zu Gewässern: Aus rechtlichen Gründen ist es möglich, dass gewässernahe Zonen auszuschließen sind.

Zone bis zu 50 m von Gewässern: Die am Gewässer liegenden Flächen können als am meisten gefährdet und daher als prioritär für AFS angesehen werden.

100 m Abstand zu Gehölzen: Die Flächen in der Nähe von Gehölzen werden als weniger erosions- und damit auch eintragsgefährdet angesehen und sind für den Oberflächengewässerschutz daher nicht als prioritär anzusehen.

2.3.3.8 Steckbrief: Schutz vor Eutrophierung

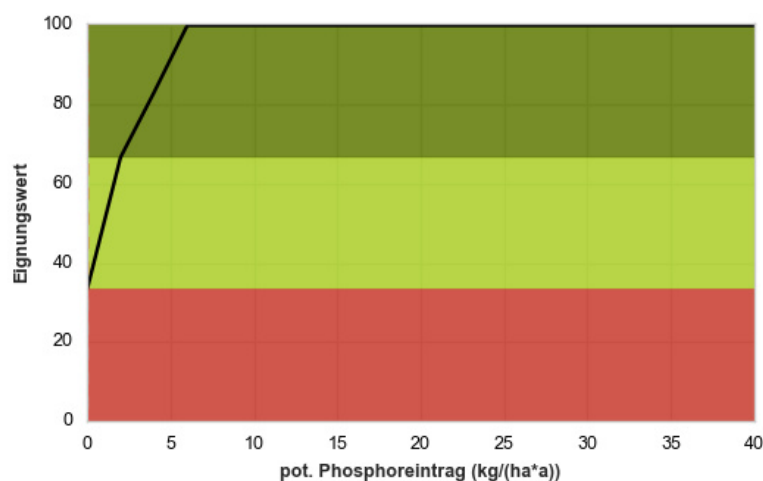
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Oberflächen- gewässer	Gewässerschutz	Schutz vor Eutrophierung	potentieller Phos- phoreintrag (kg/ha*a)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Agroforstsysteme (AFS) bewirken eine Reduktion des potentiellen Phosphoreintrages aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in angrenzende Gewässer aufgrund einer Reduzierung des potentiellen Bodenabtrages und bei Einbeziehung von Uferrandbepflanzungen durch deren direkte Puffer- bzw. Barrierewirkung.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Agroforstsysteme haben auf Standorten mit hoher potentieller Phosphor-Eintragsgefährdung eine hohe Schutzwirkung und besitzen bezüglich dieses Kriteriums vor allem auf Standorten mit hohem Oberflächenwasserabfluss ein hohes Eignungspotential. Ab einem potentiellen Eintrag von 2 kg/(ha*a) kann die Etablierung von Agroforstsystemen als besonders geeignet betrachtet werden (Eignungswert $\geq 66,7$). Negative Effekte wie eine Erhöhung des Phosphoreintrages sind nicht zu erwarten, weshalb Eignungswerte $< 33,3$ nicht auftreten.



Nr.	x	y
1	0	33,3
2	2	66,7
3	4	83
4	6	100
5	10	100
6	40	100

Klasse	Bezeichnung
	Besonders geeignet
	Geeignet
	Nicht geeignet

Ein Schwellenwert wurde nicht empfohlen, weshalb alle Flächen, also auch jene, die durch einen potentiellen Phosphoreintrag von > 40 kg/(ha*a) gekennzeichnet sind, in die multikriterielle Bewertung einfließen sollen.

Filterregeln:

50 m Abstand zu Gewässern: Aus rechtlichen Gründen ist es ggf. notwendig gewässernahe Zonen von der Anlage von Gehölzflächen auszuschließen.

Zone bis zu 50 m von Gewässern: Die am Gewässer liegenden Flächen können als am meisten gefährdet und daher als prioritär für AFS angesehen werden.

100 m Abstand zu Gehölzen: Die Flächen in der Nähe von Gehölzen werden als weniger erosions- und damit auch eintragsgefährdet angesehen und sind für den Oberflächengewässerschutz daher nicht als prioritär anzusehen.

2.3.3.9 Steckbrief: Erhalt der Tiefensickerung

Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Grundwasser	Grundwasserschutz	Erhalt der Tiefensickerung	Sickerwasserreduzierung (mm/a)

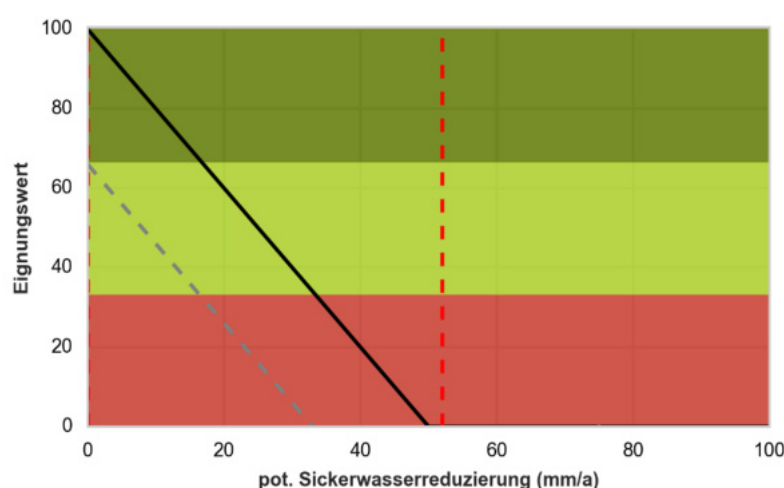
Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Schnellwachsende Gehölze als Bestandteile von Agroforstsystemen (AFS) reduzieren im Vergleich zu annuellen Kulturen (ohne Bewässerung) die Tiefensickerung des Bodenwassers im Gehölzbestand und dessen Randbereichen (on-site-Effekt). Gehölzstreifen führen aber durch den Windschutz zu einer Verdunstungsreduzierung in benachbarten annuellen Kulturen (off-site Effekt) des Schlages/Flurstücks. Für das Untersuchungsgebiet wurde eine mittlere on-site Sickerwasserreduzierung von $33 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ quantifiziert. Bei einer um 12% reduzierten Evapotranspiration der Ackerkulturen als off-site Effekt (abgeschätzt nach Angaben aus Kanzler et al. 2019, Busch 2016) kann ein maximaler Gehölzanteil von 40 % etabliert werden, ohne dass eine Sickerwasserreduzierung auftritt. Hierbei handelt es sich um eine grobe Abschätzung, die mit entsprechend großen Unsicherheiten behaftet ist.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Die on-site Sickerwasserreduzierung von $33 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ wurde als Grenzwert für die Nichteignung herangezogen und entsprechend mit einem Kriterienwert von 33,3 belegt. Für den maximalen Eignungswert von 100 („Besonders geeignet“) wird eine on-site Sickerwasserreduzierung von 0 mm unterstellt (die einen zusätzlichen off-site Effekt von $+33 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ beinhaltet). Zwischen diesen beiden Punkten wird linear interpoliert und die resultierende Funktion wird genutzt, um den zugehörigen Indikatorwert für den Eignungswert 0 zu ermitteln. Damit ist eine „Grenzfunktion“ für die Eignung von Alley-Cropping-Agroforstsystemen mit einem Gehölzanteil von bis zu 40 % erstellt.

Falls andere Formen von Gehölzanordnungen gewählt werden oder der Gehölzanteil erhöht wird (KUP), kann der off-site Effekt nicht unterstellt werden und es wird der on-site Effekt als Bewertungsgrundlage herangezogen. Für die on-site Sickerwasserreduzierung von $33 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ wurde als Minimeignungswert 0 festgelegt und die zugehörige Eignungsfunktion durch Parallelverschiebung zur Grenzfunktion der Alley-Cropping-Agroforstsysteme ermittelt (grau gestrichelte Linie und geklammerte y-Werte in der Tabelle)



Nr.	x	y
1	0	100 (66)
2	15	70 (36)
3	30	40 (6)
4	50	0 (0)
5	75	0 (0)
6	100	0 (0)

Klasse	Bezeichnung
	Besonders geeignet
	Geeignet
	Nicht geeignet

Der maximal auftretende Indikatorwert wird durch die rote gestrichelte Linie gekennzeichnet.

Filterregeln:

FFH-Gebiete ausschließen: Ausschluss von FFH-Gebieten, um potentiellen negativen Einfluss auf Feuchtbiotope zu vermeiden

2.3.3.10 Steckbrief: Schutz vor Nitratauswaschung

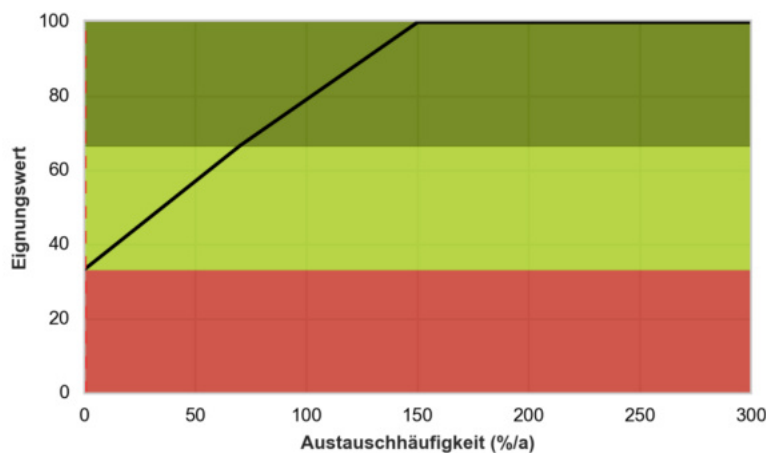
Schutzgut	Zielkategorie	Kriterium	Indikator
Grundwasser	Grundwasserschutz	Schutz vor Nitrat- auswaschung	Austausch- häufigkeit (%/a)

Wirkung von AFS auf die Zielkategorie:

Die Austauschhäufigkeit beschreibt wie häufig das Sickerwasser innerhalb eines Jahres den Wasservorrat des durchwurzelten Bodens austauscht, ausgedrückt in Prozent pro Jahr. Die Berechnung erfolgt anhand der Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes. Agroforstsysteme (AFS) können die Sickerwasserrate reduzieren und somit die Kontamination des Grundwassers durch Nitrat vermindern. Im Bereich der Gehölze ist zudem prinzipiell von einer geringen Nitratauswaschung auszugehen, da hier einerseits zumeist auf den Einsatz von Düngemitteln verzichtet wird und andererseits die tiefreichenden Wurzeln der Gehölze Bodenwasser auch noch aus tieferen Bodenbereichen aufnehmen können.

Resultierende Bewertung (wird für die Skalierung des Indikators angewendet):

Agroforstsysteme haben auf Standorten mit hoher Austauschhäufigkeit eine hohe Schutzwirkung und besitzen bezüglich dieses Kriteriums vor allem auf auswaschungsgefährdeten Standorten (sandige Bodenart, hohe Niederschlagsmenge) ein hohes Eignungspotential. Ab einer potentiellen Austauschhäufigkeit von über 70 %/a kann die Etablierung von Agroforstsystemen als besonders geeignet betrachtet werden (Eignungswert $\geq 66,7$). Negative Effekte auf den Nitrataustrag sind nicht zu erwarten, weshalb Eignungswerte $< 33,3$ nicht auftreten.



Nr.	x	y
1	0	33,3
2	70	66,7
3	150	100
4	200	100
5	250	100
6	300	100

Klasse	Bezeichnung
Dark Green	Besonders geeignet
Light Green	Geeignet
Red	Nicht geeignet

Ein Schwellenwert wurde nicht empfohlen, weshalb alle Flächen in die multikriterielle Bewertung einfließen sollen.

Filterregeln:

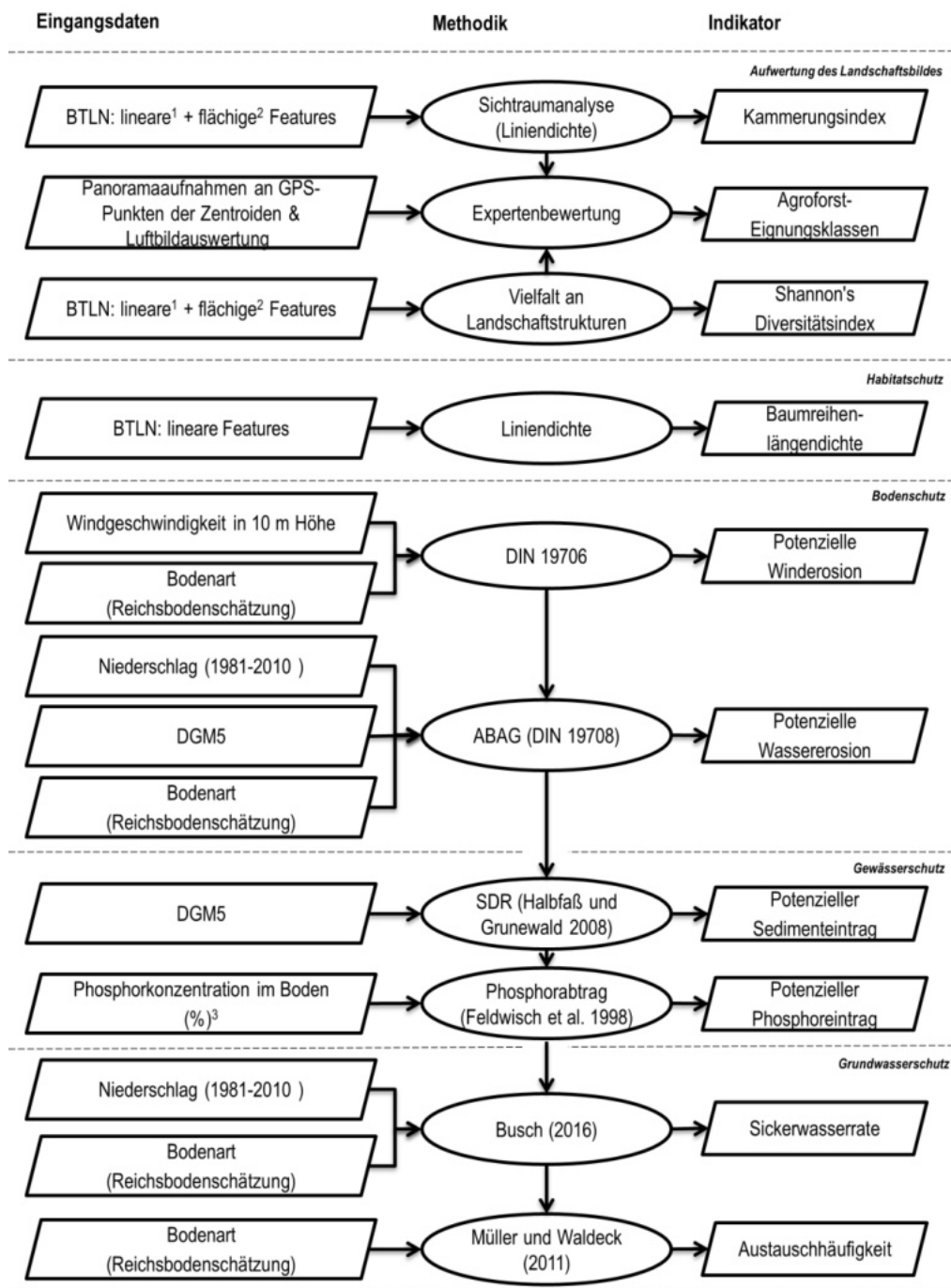
50 m Abstand zu Gewässern: Aus rechtlichen Gründen ist es teilweise notwendig gewässernahe Zonen auszuschließen.

Zone bis zu 50 m von Gewässern: Die direkt am Gewässer liegenden Flächen sind am meisten gefährdet für einen Nitratreintrag in Oberflächengewässer und können sich daher besonders für AFS eignen.

100 m Abstand zu Gehölzen: Die Flächen in der Nähe von Gehölzen werden als weniger erosions- und damit auch eintragsgefährdet angesehen und sind für den Grundwasserschutz daher nicht als prioritär anzusehen.

2.3.3.11 Berechnung der Indikatoren

Die Berechnung der Indikatoren erfolgte unter Berücksichtigung referenzierter Methoden, die in Abbildung 8 zusammenfassend dargestellt sind. Die aktuelle Nutzungsart (z.B. Grünland oder Ackerland) blieb bei der Herleitung der Indikatorwerte unberücksichtigt. Folglich handelt es sich – vor allem mit Blick auf die Schutzgüter Boden, Oberflächengewässer und Grundwasser – um potentielle Werte. Jeder Flurstückfläche wurde ein Wert je Indikator zugeordnet. Die Berechnung erfolgte unter Nutzung der Programme ESRI ArcGis V 10.2.1 (ArcMap, ArcCatalog), R (V 3.2.1), MS-Access, Garmin MapSource (V 6.16.3).



¹Alleen, Baumreihen, Gehölzsäume an Gewässern, Hecken und Windschutzstreifen, Bäche/Flüsse mit Beschattung; ²Feldgehölze und Gebüsch mit Gehölzdeckung ab 10 %, Wälder, Großröhrichte, Gärten, Obstbestände; ³Eigene Berechnung; ABAG: Allgemeine Bodenabtragungsgleichung; BTLN: Flächendeckende Biotop- und Landnutzungskartierung im Land Brandenburg; DGM5: Digitales Geländemodell, Gitterweite 5 m; DIN: Deutsches Institut für Normung; SDR: Sediment Delivery Ratio

Abbildung 8: Eingangsdaten und Methodik für die Berechnung der Indikatoren

2.3.4 Auswahl und Gewichtung von Kriterien

Im Bereich **Kriterienauswahl und -gewichtung** können Kriterien, die für ein bestimmtes Szenario relevant sind, ausgewählt und gewichtet werden (Abb. 9).

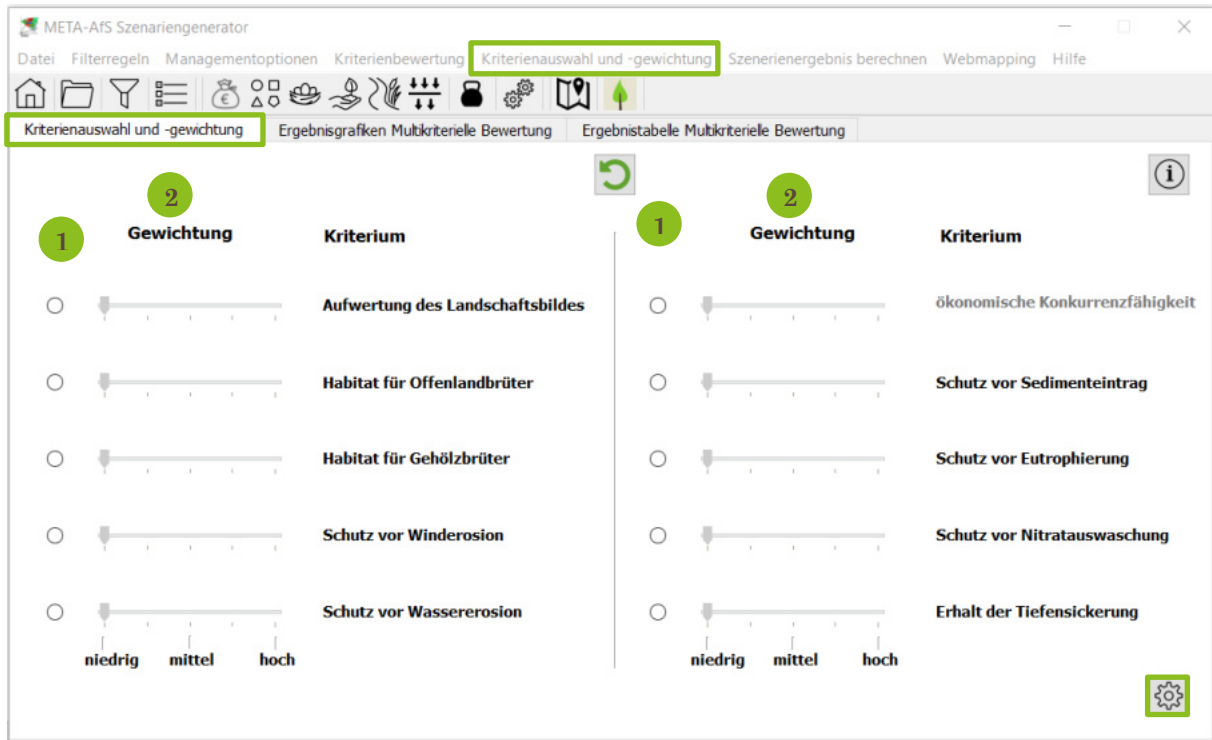


Abbildung 9: Bildschirmsicht „Kriterienauswahl und -gewichtung“ im Werkzeug META-AfS

- 1 Aktiviert sind in diesem Bereich lediglich die Kriterien, die zuvor unter dem Menüpunkt „Kriterienbewertung“ (2.3.3.) bewertet wurden und somit in die Szenarienerstellung einbezogen werden sollen. Für die multikriterielle Bewertung können nur diese aktivierten Kriterien berücksichtigt werden. Hierbei ist es möglich, nur ein Kriterium oder eine Kombination aus verschiedenen Kriterien auszuwählen.
- 2 Die Einflussstärke einzelner Kriterien innerhalb der multikriteriellen Bewertung kann im Bereich „Gewichtung“ geändert werden. Auf diese Weise ist es dem Anwender möglich, seine Zielvorstellungen für ein bestimmtes Szenario bezüglich der relativen Bedeutung einzelner Kriterien untereinander umzusetzen. Möchte dieser beispielsweise bei einer multikriteriellen Bewertung vier Kriterien berücksichtigen, aber nur Eines stark in den Vordergrund stellen, so kann dieses gegenüber den Anderen bis zu fünffach höher gewichtet werden (fünfstufige Wichtungsskala: 1 = sehr niedrig bis 5 = sehr hoch). Der Einfluss der Gewichtung auf die Ergebnisse (Modellgebietsebene) kann sowohl in tabellarischer als auch in grafischer Form angesehen werden.

Nachdem alle Einstellungen im Bereich **Kriterienauswahl und -gewichtung** gewählt wurden, muss das Ergebnis berechnen (Zahnradssymbol, siehe Tab. 3) angewendet werden, damit die Einstellungen abschließend übernommen werden.

2.3.5 Szenarienergebnis berechnen

Nach Auswahl von Filterregeln und Managementoptionen sowie Durchführung der Kriterienbewertung und -gewichtung kann unter dem Menüpunkt **Szenarienergebnis berechnen** das Ergebnis der multikriteriellen Bewertung generiert werden (Abb. 10).

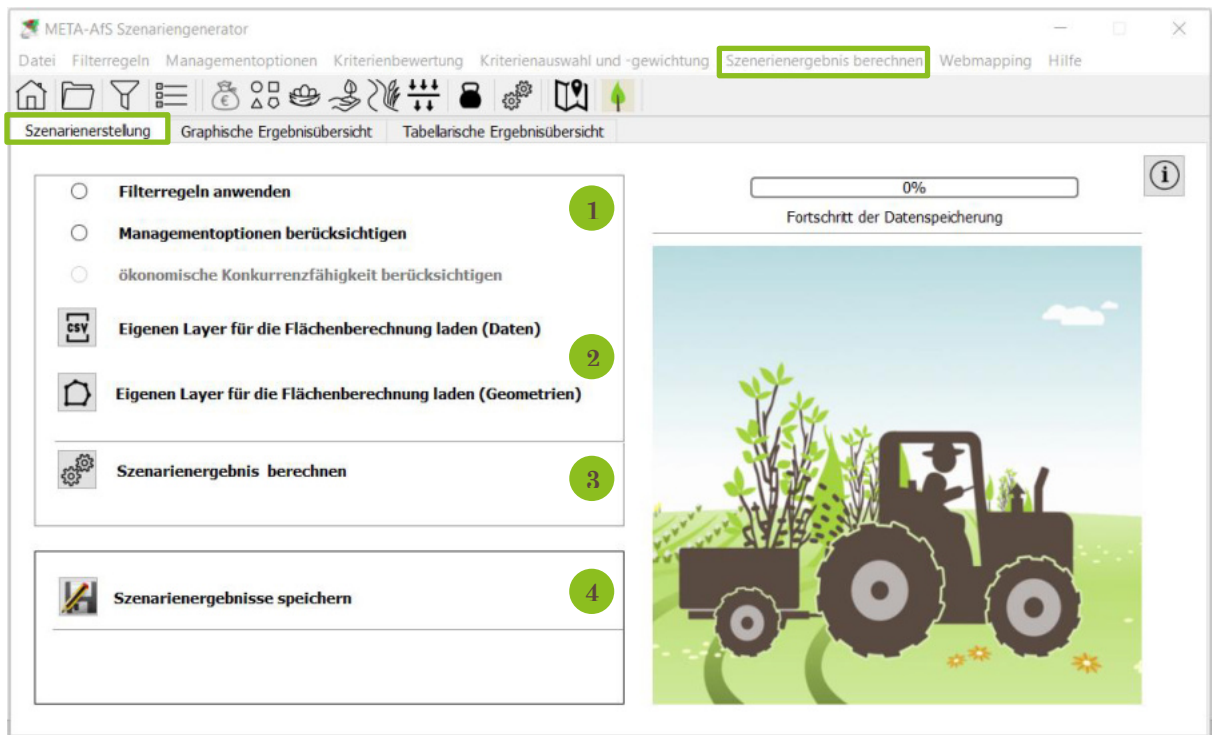


Abbildung 10: Bildschirmansicht „Szenarienergebnis berechnen“ im Werkzeug META-AfS

- 1 An dieser Stelle kann der Nutzer nochmals entscheiden, ob die zuvor ausgewählten Filterregeln angewendet und die Managementoptionen berücksichtigt werden sollen.
- 2 Es besteht die Möglichkeit eigene Layer einzuladen. Diese können z.B. die eigenen Flächengeometrien repräsentieren (z.B. die Fläche eines Landwirtschaftsbetriebes) oder es handelt sich um das Einladen von neuen Layern, um die Filterregeln zu erweitern. Für die Durchführung von Flächenberechnungen anhand der eigenen Flächengeometrien sind entsprechende Datensätze notwendig (vgl. 2.2)
- 3 Nach Berechnung des Szenarienergebnisses werden auf der Werkzeugoberfläche sowohl eine tabellarische als auch eine grafische Ergebnisübersicht erstellt. Auf diese Weise können die berechneten Resultate zügig analysiert, bei Bedarf Änderungen von Einstellungen vorgenommen und erneut eine multikriterielle Bewertung unter dann geänderten Rahmenbedingungen durchgeführt werden, bevor das Szenario gespeichert und somit die endgültigen Ergebnisdateien erstellt werden.
- 4 Abschließend werden durch das Speichern des Szenariensoutputs Ergebnisse produziert, die außerhalb der Werkzeugoberfläche abrufbar sind. Hierbei werden zwei Ordner erstellt, in denen die Ergebnisse der durchgeführten multikriteriellen Bewertung abgelegt wurden und mittels der Programme MS-Excel und QGIS unabhängig von META-AfS eingesehen und gegebenenfalls weiterverarbeitet werden können.

Die beiden Ordner haben die Bezeichnung „Input“ und „Szenarienergebnis“. In Ersterem befinden sich die Eingangsdaten des gespeicherten Szenarios („AFSInput.zip“). Hierzu gehören die flurstückbezogene Zuordnung der Kenndaten sowie eine Übersicht zu den gewählten Eingangsdaten (Filterregeln, Managementoptionen, Kriterienbewertung und -gewichtung).

Im Ordner „Szenarienergebnis“ befinden sich die vier Unterordner „Dashboard“, „GIS“, „Folium“ und „Grafiken“. Letzterer enthält für die in das Szenario einbezogenen Kriterien die Funktionen der Eignungswerte (vgl. Abb. 7). Im Ordner „Dashboard“ befindet sich u.a. die Datei „Dashboard_template“, welche eine umfangreiche Auswertung der Ergebnisse auf Gemeindeebene ermöglicht.

Im Folium-Ordner werden, sofern im Werkzeug erstellt, die interaktiven-Webkarten als HTML-Dateien gespeichert und können in einem beliebigen Browser unabhängig vom Werkzeug geöffnet (Doppelklick) werden.

Im „GIS“-Ordner werden vor allem die Geometrien abgespeichert, wobei sowohl ein mit den Ergebniskarten zusammengestelltes QGIS-Projekt als auch einzelne Shape-Dateien erstellt werden, die auch in andere GIS-Programmen eingelesen werden können. Detaillierungsgrad, Aufbereitung und Zusammenstellung der Ergebnisdaten lassen eine umfangreiche Analyse und hierauf aufbauend auch die Beantwortung zusätzlicher Fragestellungen zu.

2.3.6 Webmapping-Modul

Mittels dieses Moduls kann eine schnelle visuelle Analyse der einzelnen Szenarienschritte (Anwendung der Filterregeln, Auswahl von Managementoptionen und Kriterienbewertung) in interaktiven Karten auf Flurstückebene durchgeführt werden. Farbige Punkte leisten dabei Hilfestellung, indem sie durch Farbe und Angabe der Anzahl die Ansammlung von geeigneten Flächen anzeigen (Abb. 11). Durch Anklicken und/oder Einzoomen in die Karten kann ein immer größerer Informationsgrad bis hin zur Einzelflächeninformation gewonnen werden (Abb. 55).

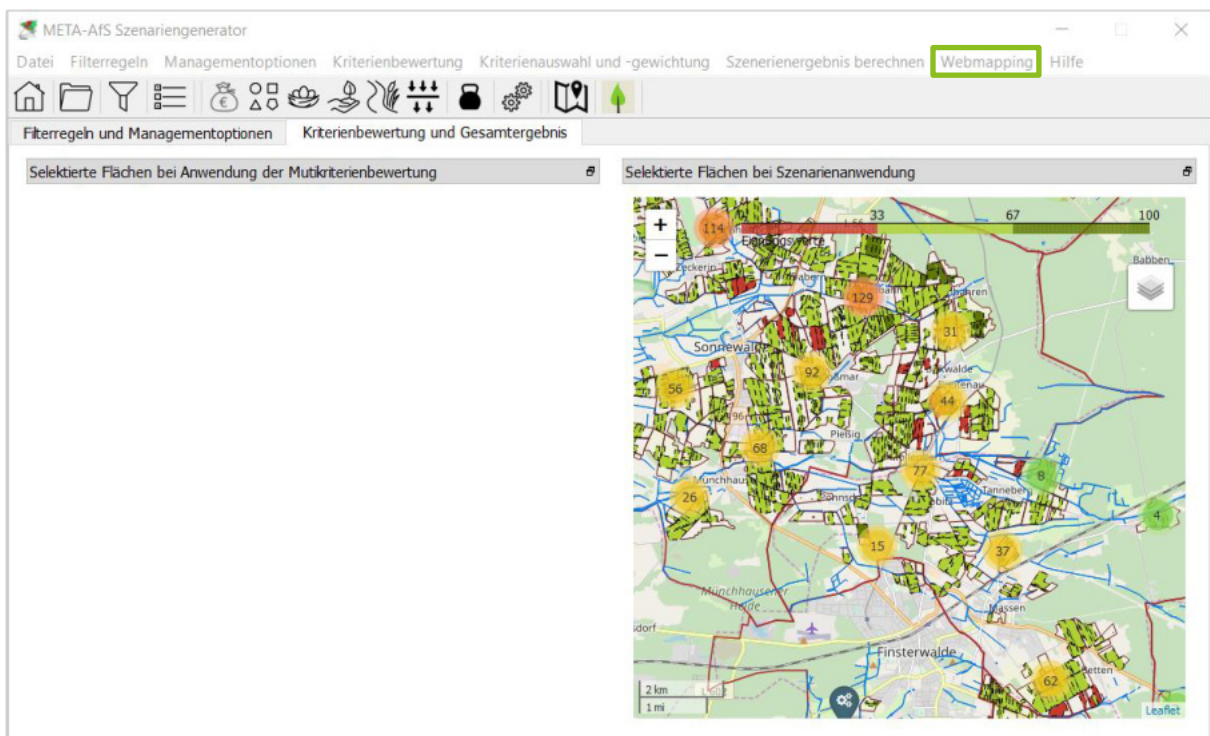


Abbildung 11: Bildschirmansicht „Webmapping“ im Werkzeug META-AfS

Verschiedene Layer (Gemeinden, Fließgewässer, Schläge, selektierte Info sowie Flächeninfo) können hier eingeschaltet werden. So kann nur die relevante Information angezeigt werden. Für jedes Flurstück ist es möglich, eine detaillierte Information für die multikriterielle Bewertung abzurufen, z.B. die aktuelle Nutzung, der mittlere und der maximale Eignungswert, das Kriterium mit dem höchsten Wert für dieses Flurstück, die ausgewählten Baumarten und Gehölzertrag oder eine Angabe zu der Gehölzfläche in Hektar. Wird das Szenario gespeichert (siehe vorheriger Abschnitt) können die Webkarten in einem beliebigen Webbrowser geöffnet werden.

2.3.7 Planung von Agroforstflächen

An dieser Stelle wurde eine Verknüpfung mit der ebenfalls im Projekt AUFWERTEN entwickelten Entscheidungshilfe zur Planung von Agroforstflächen erstellt (vgl. **Loseblatt # 55**). Mittels dieser Web-basierten Anwendung ist es möglich, im Webbrowser auf einer realen, selbstgewählten Fläche die grafische Darstellung eines Agroforstsystems zu erzeugen. Als Grundlage hierfür werden individuell gewählte Eingabedaten genutzt. Neben der Visualisierung der Agroforstfläche erhält der Nutzer auch Informationen zur Flächeneignung seines gedanklich vorschwebenden Agroforstsystems. Wenn z.B. die Anordnung der Gehölze der gewünschten Schutzwirkung nicht entspricht, werden zusätzliche Hinweise angezeigt. Auch die aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen sowie spezielle Empfehlungen für Agroforstsysteme werden beachtet.

3 ANWENDUNG DES TOOLS UND ERSTELLUNG EINES BEISPIELSZENARIO „RESSOURCENSCHUTZ“

3.1 Auseinandersetzung mit dem Modellgebiet

Das Modellgebiet des Forschungsprojektes AUFWERTEN, für das ein Beispielszenario berechnet wird, wurde in Abschnitt 1.4 vorgestellt. Es handelt sich um die im Nordosten des südbrandenburgischen Landkreises Elbe-Elster gelegenen Gemeinden Sonnewalde und Finsterwalde sowie um das aus vier amtsgebundenen Gemeinden bestehende Amt Kleine Elster. Diese Region stellt das Modellgebiet des Forschungsprojektes AUFWERTEN dar (Abb. 12).

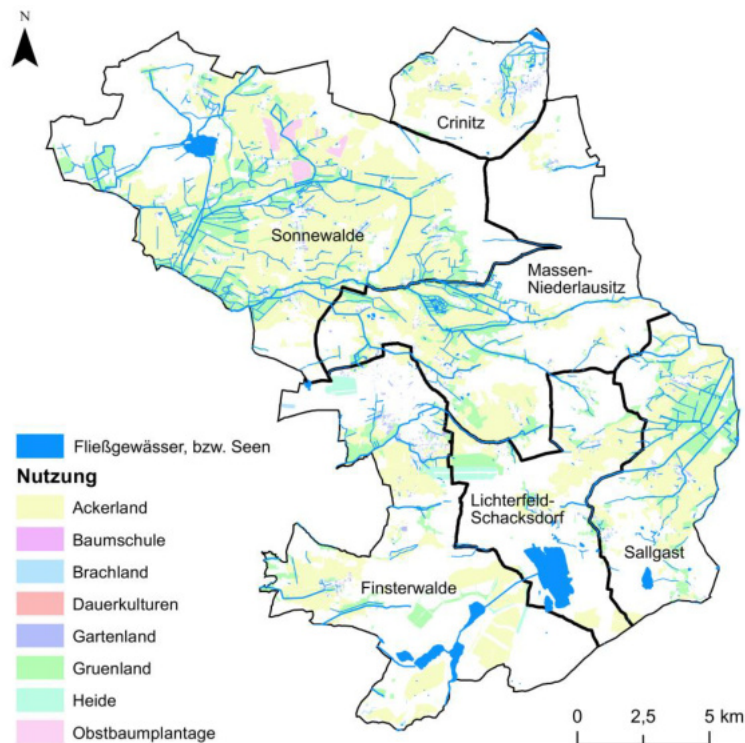


Abbildung 12: Modellgebiet der Innovationsgruppe AUFWERTEN

Das Modellgebiet hat eine Gesamtfläche von 37.750 ha. Hiervon beträgt die Fläche an Ackerland ca. 10.300 ha und jene an Grünland ca. 4.300 ha. Die landwirtschaftliche Nutzfläche ist durch ein flaches Relief und ein dichtes Netz von Fließgewässern gekennzeichnet. Das Modellgebiet wird durch den Fluss Kleine Elster, ein rechter Nebenfluss der Schwarzen Elster, durchquert. Die vorherrschenden Bodenarten sind Sand und lehmiger Sand. Die mittlere jährliche Temperatur und der mittlere jährliche Niederschlag im Bereich des Modellgebietes betragen 9,3 °C bzw. 600 mm (für die Periode 1981-2010).

Der vorherrschende sandige Boden im Modellgebiet deutet darauf hin, dass eine potentielle Gefährdung durch Winderosion sowie Nitratauswaschung besteht. Aufgrund des dichten Fließgewässernetzes ist in der Region auch die Gefährdung der Eutrophierung von Oberflächengewässern bedeutsam. Weiterhin stellt der Erhalt der Tiefensickerung aufgrund der sandigen Böden und der vergleichsweise geringen Niederschläge ein wichtiges Kriterium dar. Aufgrund der in Brandenburg üblichen großen Schläge sind die größeren zusammenhängenden Agrarräume häufig strukturarm und besitzen einen monotonen Charakter. Nichtsdestotrotz ist die Betrachtung der Habitatvielfalt (insbesondere in Hinblick auf Offenlandbrüter) und des Landschaftsbildes angeraten.

Diese Aspekte werden bei dem folgenden Beispielszenario detailliert betrachtet bzw. diesbezügliche Kriterien (vgl. 2.3.3) bei der multikriteriellen Bewertung berücksichtigt. Das Beispielszenario wird vor dem Hintergrund dieser Kriterienauswahl und des hieraus ableitbaren Boden- und Gewässerschutzschwerpunktes als Beispielszenario „Ressourcenschutz“ bezeichnet.

3.2 Überlegungen für die Erstellung eines Beispielszenarios

Tabelle 5 stellt einen Überblick der ausgewählten Präferenzen für das Szenario „Ressourcenschutz“ dar. Die Begründung für die Auswahl dieser Parameter und eine Auswertung des Szenarios ist nachfolgend im Detail beschrieben.

Tabelle 5: Überblick der eingestellten Präferenzen für das Beispielszenario "Ressourcenschutz"

Funktionsbereiche	Auswahl
<i>Filterregeln</i>	
Flächenrestriktionen	Grünland ausschließen Sonstige Nutzungen ausschließen Schutzgebiete (§32) ausschließen Schutzgebiete (NSG, LSG, FFH, VSG) ausschließen
Abstandsmaße - Distanzpuffer	Abstand zu Wald (100m) Abstand zu Gehölzen (100m) Abstand zu Straßen/Objekten (20m)
<i>Managementoptionen</i>	
Baumarten	Robinie Pappel Weide
Max. Gehölzanteil am Flurstück (%)	40
Max. Gehölzanteil am Schlag (%)	40
Minimale Flurstückgröße (ha)	1,2
Minimale Schlaggröße (ha)	1,2
<i>Auswahl und Gewichtung von Kriterien</i>	
Indikatoren mit sehr niedriger Gewichtung (Stufe 1)	Aufwertung des Landschaftsbildes Habitat für Offenlandbrüter Erhalt der Tiefensickerung
Indikatoren mit mittlerer Gewichtung (Stufe 3)	Schutz vor Eutrophierung Schutz vor Nitratauswaschung
Indikatoren mit sehr hoher Gewichtung (Stufe 5)	Schutz vor Winderosion

3.2.1 Festlegung der Filterregeln

Unter **Filterregeln** → **Auswahl der Filterregeln** wurden für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ folgende Flächenrestriktionen festgelegt: **Grünland** und **Sonstige Nutzungen ausschließen** sowie **Schutzgebiete (§32)** und **Schutzgebiete (NSG, LSG, FFH, VSG) ausschließen**. Ferner wurden die Abstandsrestriktionen **Abstand zu Wald (100 m)**, **Abstand zu Gehölzen (100 m)** und **Abstand zu Straßen/Objekten (20 m)** aktiviert. Die Auswahl eines Schutzpuffers wurde in diesem Beispiel nicht als notwendig erachtet (Abb. 13).

- 1 Mit dem Ausschluss von **Grünland** und **sonstige Nutzung** wird gewährleistet, dass bei diesem Szenario nur Ackerflächen berücksichtigt werden. Für diese ist die Schutzwirkung von Agroforstsystemen in Hinblick auf die Ressourcen Boden und Wasser als besonders hoch einzuschätzen, weshalb diese als prädestiniert angesehen wurden.
- 2 Um durch die Etablierung von Agroforstsystemen mögliche Negativwirkungen in naturschutzfachlich sensiblen Gebieten von vornherein auszuschließen, wurden **Schutzgebiete (§32; NSG, LSG, FFH, VSG)** ebenfalls ausgefiltert.

- 3 Durch die Aktivierung der Distanzpuffer **Wald (100 m)** und **Gehölze (100 m)** blieben alle Flächen, die weniger als 100 m von Gehölzstrukturen oder Wäldern entfernt liegen, bei der multikriteriellen Bewertung unberücksichtigt. Diese Flächen wurden ausgeschlossen, da hier einerseits bereits ein höheres Ressourcenschutzpotential zu vermuten ist und andererseits ein zu hoher Gehölzanteil entstehen könnte, der vor allem aus Sicht der Habitatvielfalt und des Landschaftsbildes als nachteilig einzuschätzen ist.
- 4 Um den gesetzlich geregelten Mindestabstand von Gehölzen zu Straßen, Gebäuden und anderen Objekten einzuhalten und diesbezügliche Konflikte im Vorfeld zu vermeiden, erfolgte ebenfalls eine Filterung bezüglich **Abstand zu Straßen/Objekten (20 m)**. Hierdurch wird virtuell an allen Straßen und Objekten ein Puffer von 20 m angelegt, innerhalb dessen Agroforstflächen nicht angelegt werden können.

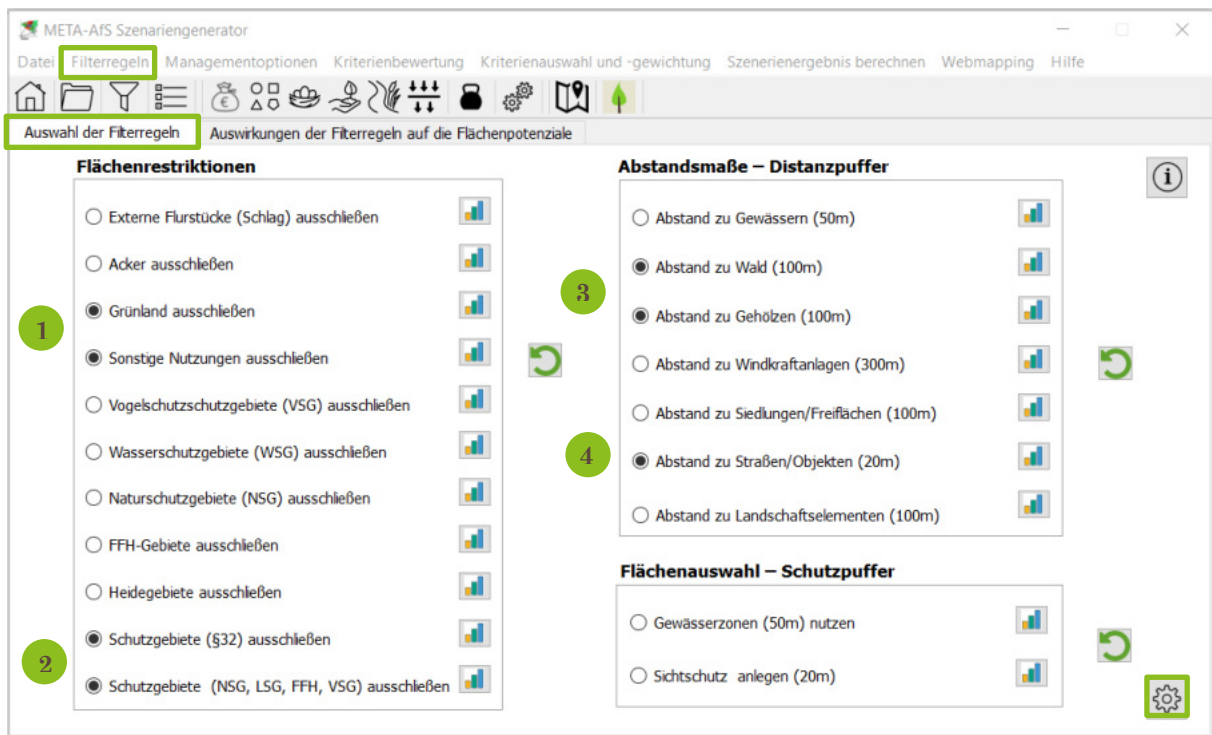


Abbildung 13: Bildschirmansicht mit ausgewählten Filterregeln für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Damit die ausgewählten Filterregeln bei der späteren Szenarienberechnung berücksichtigt werden, müssen sie abschließend angewendet werden (Klick auf das Zahnradsymbol).

Nach erfolgter Anwendung der Filterregeln können unter **Auswirkungen der Filterregeln auf die Flächenpotenziale** Informationen zum Anteil der herausgefilterten Flächen abgerufen werden. Demnach betrug die Ausgangsfläche insgesamt 15.043,1 ha. Durch Anwendung der Filterregeln wurden hiervon ca. zwei Drittel der Flurstückfläche ausgeschlossen. Die nach der Filterung zur Verfügung stehende Potenzialfläche hat eine Größe von 5.239,6 ha (Abb. 14). Den größten Einfluss hatte die Herausnahme der Grünlandflächen (4.295,6 ha). Eine ebenfalls beträchtliche Filterwirkung hatten die Abstandspuffer Wald- und Feldgehölznähe, die zu einem Flurstücksflächenausschluss von 1.876,7 ha bzw. 1.790,7 ha führten.

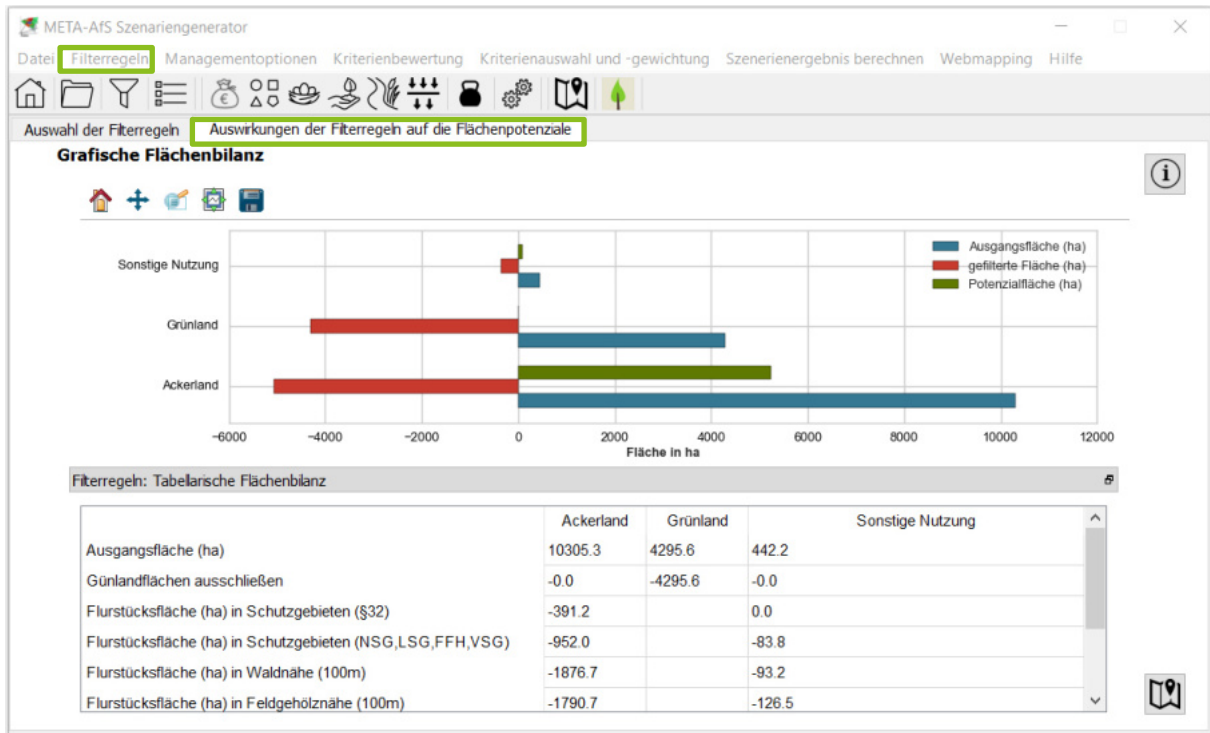


Abbildung 14: Bildschirmansicht der Auswirkungen der Filterregeln auf die Flächenpotenziale nach Anwendung der Filterregeln gemäß Abb. 13

3.2.2 Festlegung der Managementoptionen

Bei der Ermittlung des mittleren Holzertrages einer Fläche wird generell immer die Baumart herangezogen, deren Zuwachsleistung für das jeweilige Flurstück am höchsten einzuschätzen ist. Hierbei werden nur die Baumarten berücksichtigt, die unter dem Menüpunkt **Managementoptionen** → **Auswahl von Managementoptionen** selektiert wurden. Ferner können für jede Baumart Minimumerträge festgelegt werden. Liegt der potentielle Holzertrag eines Flurstückes unterhalb des eingetragenen Minimumwertes aller ausgewählten Baumarten, so wird diese Fläche in dem betreffenden Szenario nicht berücksichtigt.

- 1 Im genannten Beispielszenario „Ressourcenschutz“ wurden alle aktuell verfügbaren Baumarten ausgewählt (in Meta-AfS Version 1.0 sind dies bisher **Robinie**, **Pappel** und **Weide**) und keine Ertragsuntergrenzen festgelegt (Abb. 15).
- 2 Der **maximale Gehölzanteil am Flurstück** sowie **am Schlag** wurde mit 40 % angegeben (Abb. 15). Dies bedeutet einerseits, dass der je Flurstück ermittelte Holzertrag sich auf einen Flächenanteil von 40 % bezieht und andererseits, dass innerhalb eines Schlags nur Flurstücke bis zu einem Schlagflächenanteil von 40 % berücksichtigt werden, wobei bei gleicher Eignung die Flurstücke mit den höchsten potentiellen Holzerträgen Vorrang haben. Die Möglichkeit, Gehölzflächenanteile zu definieren gewährleistet dem Nutzer, den Gehölzflächenanteil seines geplanten Agroforstsystems in das Ergebnisszenario mit einzubeziehen. Ein Anteil von 40 % wird seitens der Innovationsgruppe AUFWERTEN dabei als Obergrenze des Gehölzflächenanteils von landwirtschaftlich geprägten Agroforstsystemen empfohlen (vgl. **Loseblatt # 50**).
- 3 Die minimale Flurstück- sowie Schlaggröße wurde beispielhaft auf 1,2 ha festgelegt. Dies entspricht dem Vierfachen der Mindestschlaggröße von 0,3 ha und gewährleistet, dass

Gehölzflächen auf jedem Flurstück bzw. jedem Schlag entsprechend den aktuellen agrarförderrechtlichen Rahmenbedingungen als separater Schlag etabliert werden können. Durch das Vierfache der Mindestfläche wird dabei einerseits ein ausreichender Flexibilitätspuffer bezüglich der Lage des Gehölzareals auf der jeweiligen Flächeneinheit geschaffen und andererseits sichergestellt, dass die landwirtschaftliche Nutzung insgesamt deutlich überwiegt.

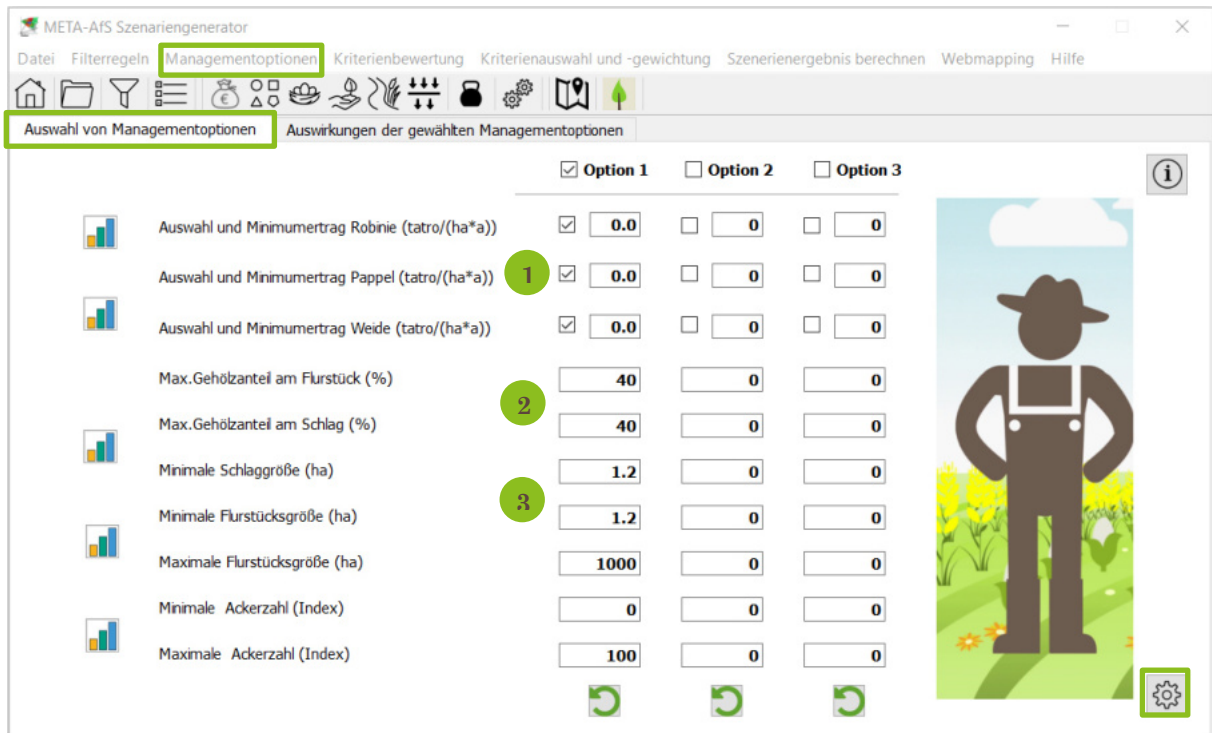


Abbildung 15: Bildschirmansicht mit ausgewählten Managementoptionen für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Die Angaben zum Ackerzahlbereich wurden so gewählt, dass hierdurch keine Flurstücke aus der Bewertung ausgeschlossen werden.

Damit die selektierten bzw. definierten Managementoptionen bei den weiteren Berechnungen berücksichtigt werden, müssen sie angewendet werden (Klick auf das Zahnradsymbol).

Ähnlich dem Menüpunkt Filterregeln können dann die **Auswirkungen der gewählten Managementoptionen** auf den Gesamtflächenpool mittels grafischer und tabellarischer Zusammenstellung wichtiger Parameter unmittelbar eingesehen werden (Abb. 16). Demnach beträgt für Ackerland die Agroforst-Gehölzfläche auf Basis der voreingestellten Managementoptionen für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ 2.706 ha (die im vorherigen Menüpunkt eigestellten Filterregeln bleiben hierbei unberücksichtigt). Dies entspricht einem Gehölzanteil am Schlag von 27,7 %. Der gegenüber der Zielvorgabe von 40 % etwas niedrigere Wert beruht dabei auf der Tatsache, dass die Einbindung des am nächsten geeigneten Flurstücks zu einer Überschreitung der 40 %-Zielvorgabe geführt hätte.

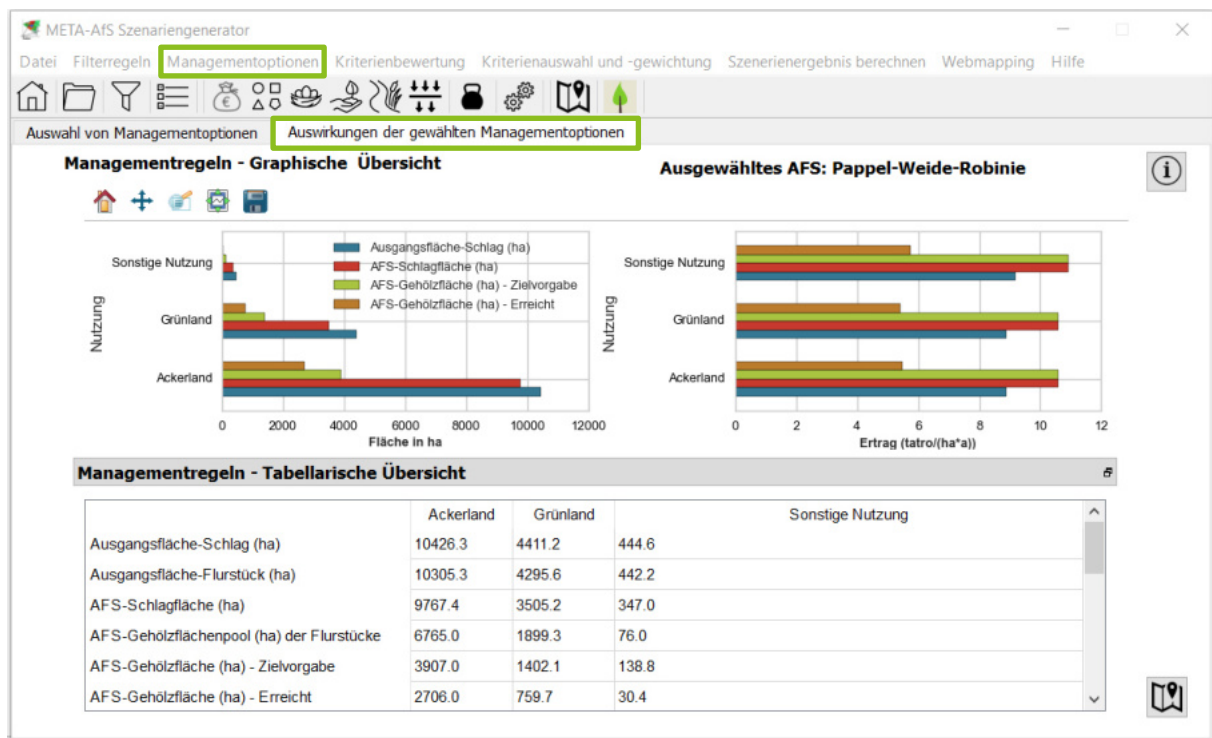


Abbildung 16: Bildschirmansicht der Auswirkungen gemäß der in Abb. 14 definierten Managementoptionen

3.2.3 Festlegung der Kriterien

Für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ wurden wie in Abschnitt 3.2 dargelegt folgende Kriterien herangezogen: Aufwertung des Landschaftsbildes (Erhöhung der Landschaftsvielfalt und Verbesserung der Landschaftsstruktur), Habitateignung für Offenlandbrüter, Schutz vor Winderosion, Schutz vor Eutrophierung, Schutz vor Nitratauswaschung und Erhalt der Tiefensickerung. Die jeweiligen Einstellungen werden im Folgenden vor dem Hintergrund des Beispielszenarios erläutert. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass die in META-AfS vorhandenen Standardeinstellungen (vgl. 2.3.3.1 bis 2.3.3.10), welche als Empfehlungen der an der Werkzeugentwicklung beteiligten Experten angesehen werden können, beibehalten wurden.

3.2.3.1 Aufwertung des Landschaftsbildes ○ □ △ ◇

Das Kriterium Aufwertung des Landschaftsbildes stellt in META-AfS einen Sonderfall dar. So wird dieses durch die beiden Unterkriterien Erhöhung der Landschaftsvielfalt und Verbesserung der Landschaftsstruktur beschrieben, deren Bedeutung für die Aufwertung des Landschaftsbildes durch eine Verknüpfungsfunktion unterschiedlich gewichtet werden können. Die Landschaftsvielfalt wird wiederum durch den Indikator Shannon's Diversitätsindex, die Landschaftsstruktur durch den Kammerungsindex beschrieben.

Über die Navigationsleiste **Kriterienbewertung** kann das Kriterium Aufwertung des Landschaftsbildes ausgewählt werden (Abb. 17). Gleiches ist auch direkt durch einen Klick auf das entsprechende Symbol möglich. Für jedes Kriterium bzw. in diesem Fall Unterkriterium können die vorgenommenen Einstellungen in einer dazugehörigen Ergebnisübersicht, welche Informationen zu den Eignungswerten in Bezug auf die Nutzungsart sowie die potentiell verfügbare Fläche enthält, direkt analysiert werden (Abb. 17).

Bezüglich der Landschaftsstruktur wird gemäß der Standardeinstellung ein Kammerungsindex zwischen 0 und 40 als sehr positiv für die Etablierung von Agroforstsystemen angesehen. Dagegen fallen die Flurstücke mit einem Kammerungsindex höher als 83 in die Kategorie der ungeeigneten

Flächen (Eignungskasse C). Durch den Eintrag dieses Wertes als oberen Schwellenwert wird verhindert, dass diese für Agroforstsysteme als ungeeignet angesehenen Flächen in die weitere Berechnung einfließen.

Um das Kriterium in der späteren multikriteriellen Bewertung zu berücksichtigen, sollen die Einstellungen angewendet werden. Dies ist auch für die Darstellung bzw. Aktivierung der kriterien-spezifischen Ergebnisübersicht notwendig.

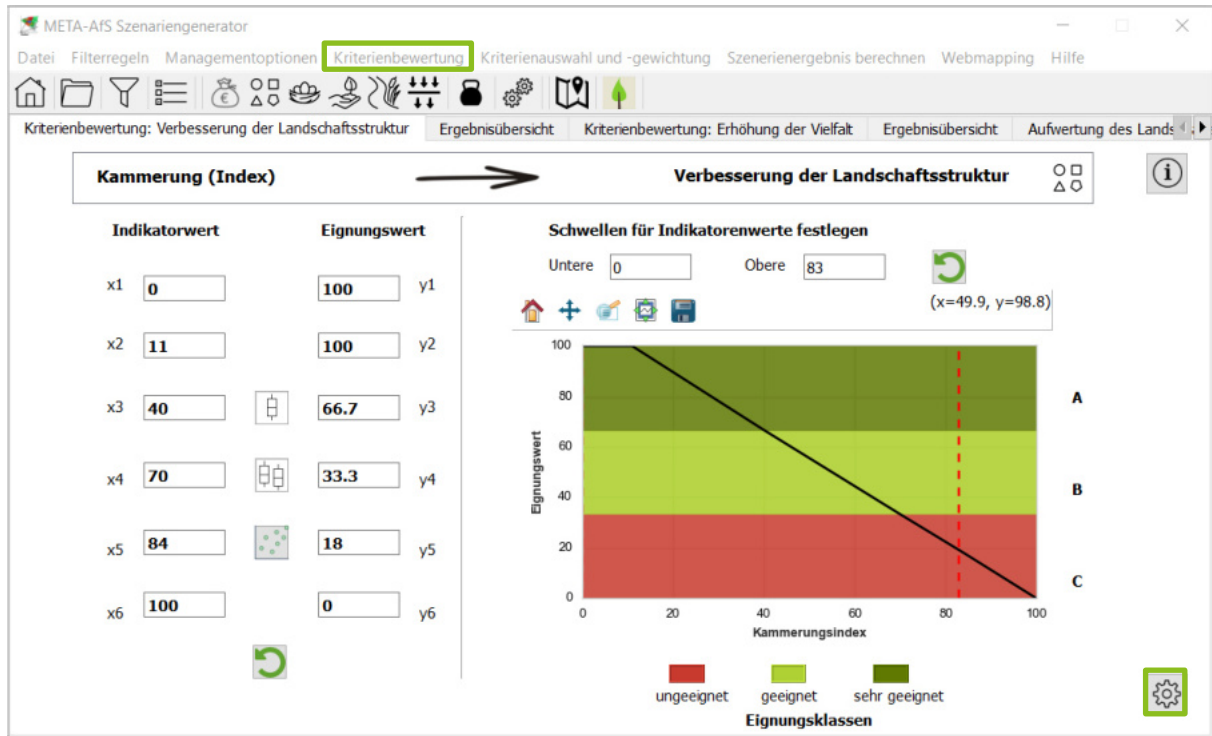


Abbildung 17: Bildschirmansicht zur Bewertung des Unterkriteriums „Verbesserung der Landschaftsstruktur“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)

Die **Ergebnisübersicht** zeigt, dass unter den Bedingungen des Beispielszenarios der Hauptanteil der für Ackerland ausgegebenen Flurstückfläche (7.491 ha; Filterregeln und Managementoptionen bleiben hier unberücksichtigt) als Eignungsklasse A klassifiziert wird (Abb. 18). In dieser Klasse variiert der Eignungswert zwischen 66,7 (**Eignungswert (min)**) und 100 (**Eignungswert (max)**); vgl. 2.3.3.1). Der gewichtete Mittelwert beträgt in dieser Klasse 81,6 (**Eignungswert (gew. Mittelwert)**). Lediglich 48,6 ha Ackerfläche wurde hinsichtlich der Kammerung als ungeeignet (Eignungskasse C) klassifiziert.

Bei Bedarf können die Standardeinstellungen unter Kriterienbewertung jederzeit geändert und nachfolgend angewendet werden. Die dann hierdurch veränderte Ergebnisdarstellung kann erneut aufgerufen werden. Dies ist nach dem gleichen Prinzip für alle Kriterien möglich.

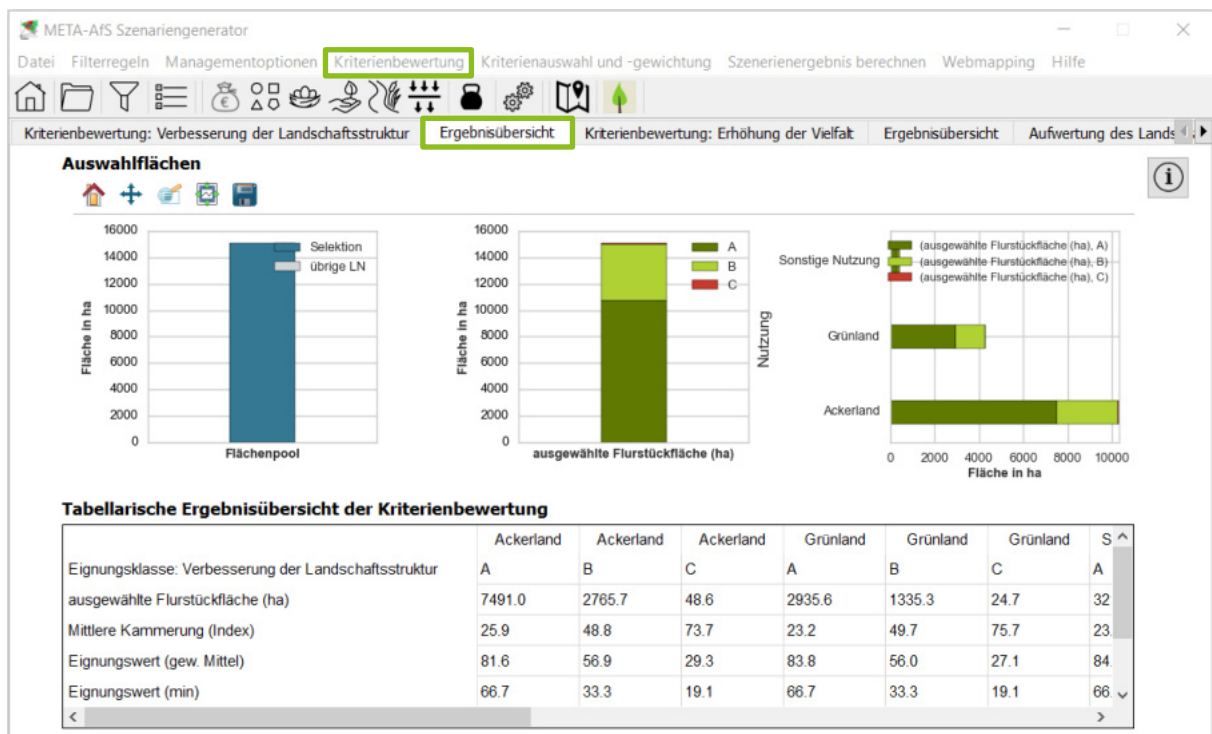


Abbildung 18: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt die Ergebnisübersicht zum Unterkriterium „Verbesserung der Landschaftsstruktur“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)

Bezüglich des Indikators Shannon Diversität, welcher ein Maß für die Vielfalt der Landschaft darstellt, fallen Flurstücke mit einem Wert $< 0,8$ in die Eignungsklasse A und jene mit Werten $> 1,6$ in die Eignungsklasse C (Abb. 19).

Nach Anwendung des Kriteriums wird auch für die Vielfalt der Landschaft eine **Ergebnisübersicht** erstellt (Abb. 20).

Ein Vergleich der Abbildungen 18 und 20 zeigt, dass die Anlage von Agroforstflächen – unter der Maßgabe der Standardeinstellungen – bezüglich der Landschaftsvielfalt kritischer als in Hinblick auf die Landschaftsstruktur zu beurteilen ist. So wird der Mehrheit der Flurstückflächen (5.583,3 ha) in Hinblick auf die Vielfalt ein Eignungswert von $< 33,3$ zugeordnet. Das gewichtete Mittel (**Eignungswert (gew. Mittelwert)**) innerhalb der Eignungsklasse C für Ackerland beträgt sogar nur 9,1. Als besonders geeignet (Eignungsklasse A) werden Flurstücke mit einer Gesamtackerfläche von 1.551,1 ha angesehen (Abb. 20).



Abbildung 19: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt die verwendeten Grenzwerte zur Berechnung des Unterkriteriums „Erhöhung der Landschaftsvielfalt“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)

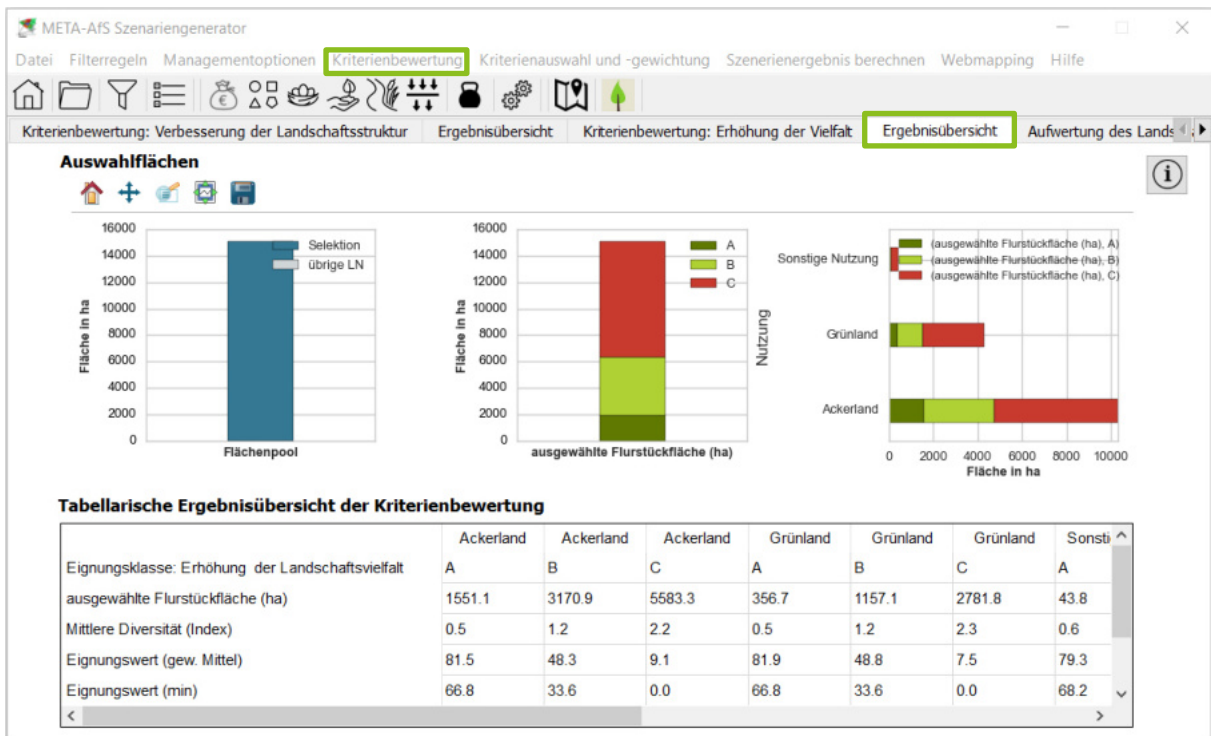


Abbildung 20: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt die Ergebnisübersicht zum Unterkriterium „Erhöhung der Landschaftsvielfalt“ (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)

In einem weiteren Schritt können unter **Aufwertung des Landschaftsbildes** die beiden Unterkriterien verknüpft und so eine Bewertung des Landschaftsbildes vorgenommen werden (Abb. 21).

- 1 Für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ wurde unter Verknüpfung der beiden Kriterien ein Häkchen unter Mittelwert gesetzt. Hierdurch wird für jedes Flurstück das Mittel der Eignungswerte beider Unterkriterien berechnet. Das Ergebnis ist der

Eignungswert für die Aufwertung des Landschaftsbildes. Auf diese Weise werden die Unterkriterien folglich gleichberechtigt verknüpft. Möglich ist jedoch auch eine stärkere bzw. ausschließliche Berücksichtigung des Unterkriteriums mit dem geringeren (Minimumverknüpfung) oder dem höheren Eignungswert (Maximumverknüpfung).

Als Ergebnis der durchgeführten Verknüpfung ist eine Dominanz in der Eignungsklasse B (6.238,4 ha für Ackerland) erkennbar. Der geringste Flächenanteil (1.356,7 ha) liegt innerhalb der Eignungsklasse C (Abb. 21).

Für die Interpretation der Eignungswerte für das Landschaftsbild sei darauf hingewiesen, dass es – analog zur späteren multikriteriellen Bewertung – in der Praxis durchaus sinnvoll sein kann, die für die Aufwertung des Landschaftsbildes ausgegebenen Eignungswerte hinsichtlich der Unterkriterien aufzuschlüsseln. So kann ein für die Landschaftsbildaufwertung als geeignet eingestuftes Flurstück bezüglich eines Unterkriteriums, welches lokal möglicherweise als besonders wichtig erachtet wird, ungeeignet sein.

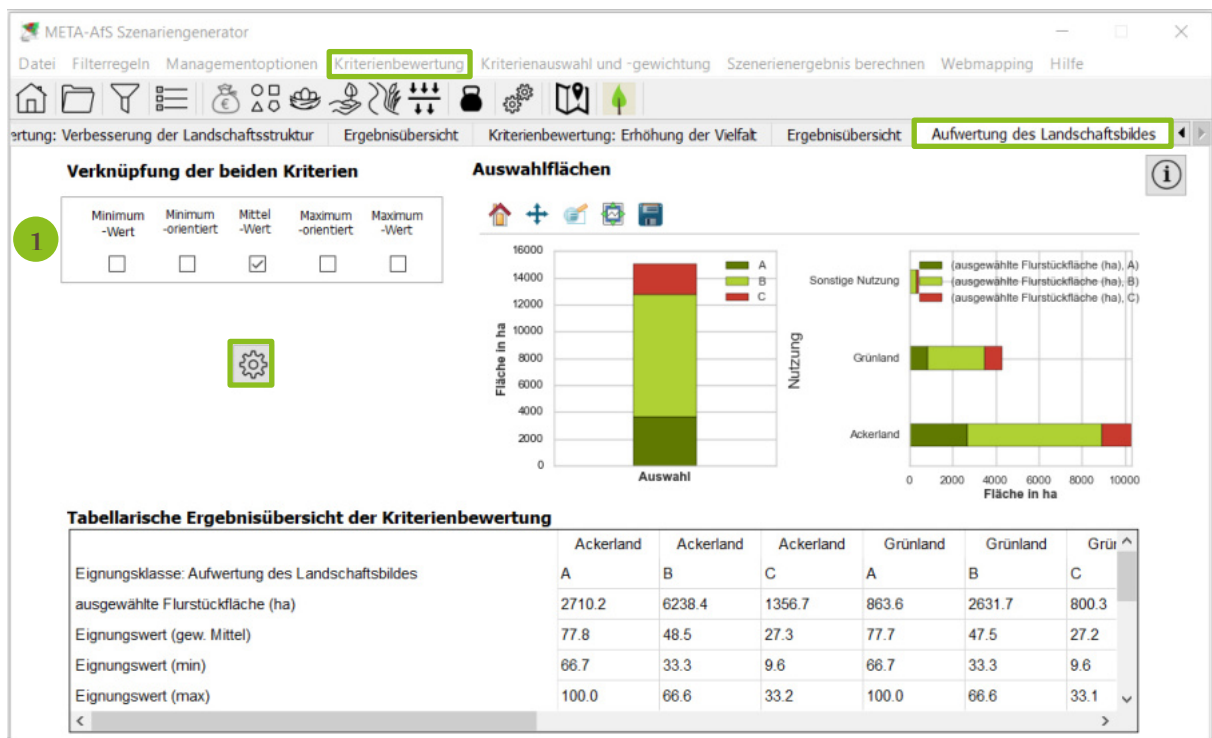


Abbildung 21: Bildschirmansicht aus dem Bereich Kriterienbewertung; zeigt beispielhaft für das Kriterium „Aufwertung des Landschaftsbildes“ die Verknüpfungsoptionen aus den beiden Unterkriterien (Struktur/Vielfalt) sowie die tabellarische Ergebnisübersicht zu Eignungswerten (Beispielszenario „Ressourcenschutz“)

3.2.3.2 Habitateignung für Offenlandbrüter

Das Kriterium Habitateignung für Offenlandbrüter kann sowohl über die Symbolleiste als auch über die Navigationsleiste **Kriterienbewertung** ausgewählt werden (Abb. 22).

Die Habitateignung für Offenlandbrüter wird durch den Indikator Baumreihendichte (m/km^2) beschrieben. Hierbei wird generell unterstellt, dass in Agrarräumen die Habitateignung für Offenlandbrüter umso geringer ist, je höher der Anteil an Gehölzstrukturen in der Landschaft ist. Die Anlage von Agroforstflächen wird bezüglich dieses Kriteriums also eher nachteilig angesehen. Gemäß der für das Beispielszenario genutzten Voreinstellung gelten Flächen mit einer Baumreihendichte von $>1.300 m/km^2$ als ungeeignet (Eignungsklasse C; Abb. 22). In die Eignungsklasse A fallen lediglich Flurstücke in einer absolut gehölzfreien Umgebung (Baumreihendichte = $0 m/km^2$). Die höchste im Modellgebiet vorkommende Baumreihendichte betrug $8.139 m/km^2$.

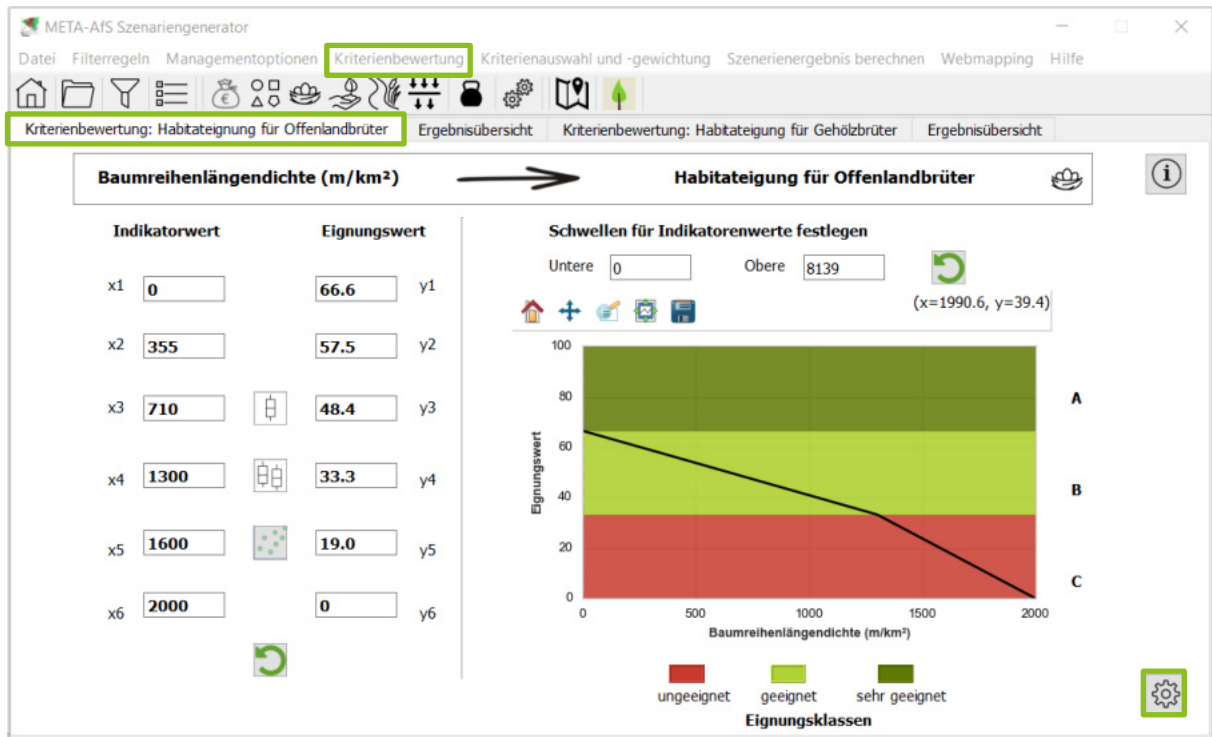


Abbildung 22: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Habitat suitability for Openland Agroforestry“ für das Beispielszenario „Resource Protection“

After the application of this criterion, the **Ergebnisübersicht** (Result Overview) is created (Abb. 23). Accordingly, as expected, the majority of the arable land parcels are in the range of the suitability class C (5,384,9 ha). Strikingly, here is the comparatively low weighted average (Eignungswert (gew. Mittelwert)) of 8,2. In the suitability class B there are 4,920,4 ha of arable land and the suitability class A were no areas assigned. Obviously, it is, that the multicriteria suitability value for agroforestry areas is lowered by this criterion.

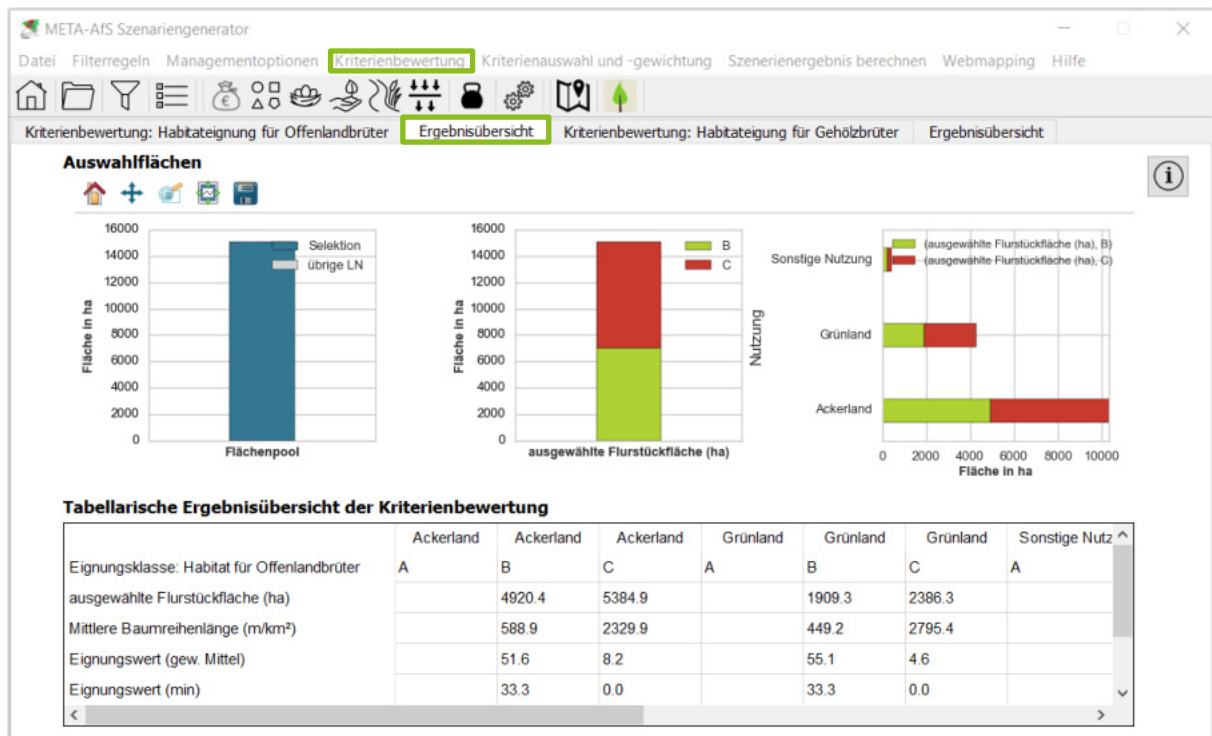


Abbildung 23: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Habitat suitability for Openland Agroforestry“ für das Beispielszenario „Resource Protection“

3.2.3.3 Schutz vor Winderosion

Analog zu den vorherigen Kriterien wird auch das Kriterium Schutz vor Winderosion über das Menü **Kriterienbewertung** ausgewählt (Abb. 24). Als Indikator wurden die nach bestimmten Aspekten (vgl. 2.3.3.11) und in der Praxis üblichen Winderosionsklassen verwendet. Nachdem das Kriterium angewendet wird, werden die Standardeinstellungen übernommen und somit das Kriterium für die spätere multikriterielle Bewertung aktiviert.

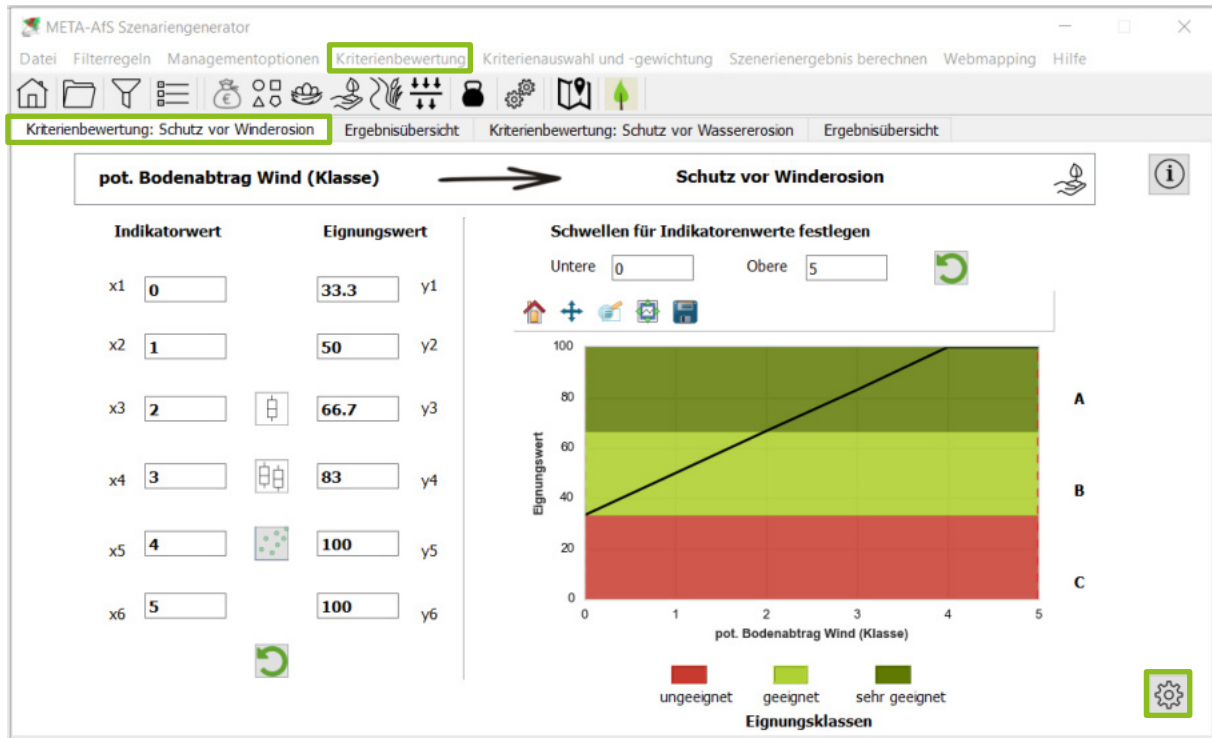


Abbildung 24: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Schutz vor Winderosion“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

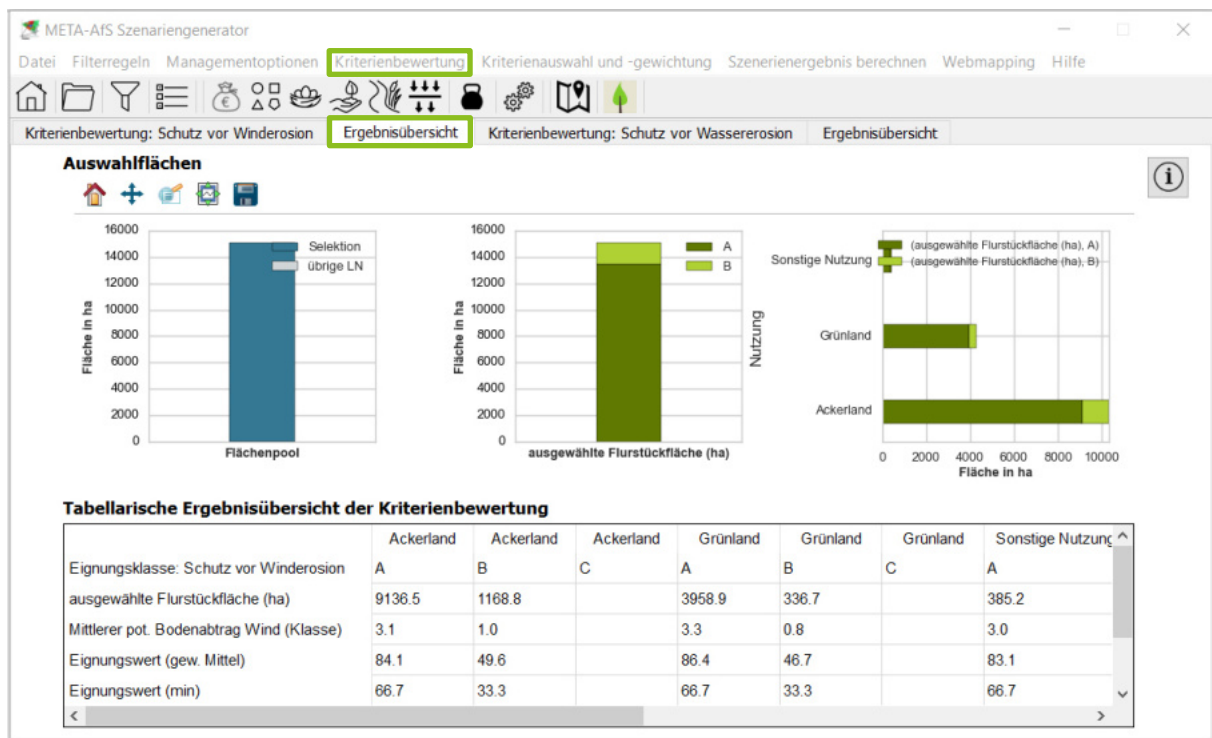


Abbildung 25: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Schutz vor Winderosion“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Gemäß den Standardeinstellungen wird davon ausgegangen, dass Agroforstsysteme in jedem Fall zu einem Schutz vor Winderosion beitragen. Dies bedeutet, dass in Bezug auf den Winderosionsschutz keine Flurstücke als ungeeignet (Eignungsklasse C) eingestuft werden. Ab einer Winderosionsklasse von 2 wird bereits von einer hohen Flächeneignung ausgegangen. Die **Ergebnisübersicht** zeigt, dass ein Großteil der gesamten als Ackerland ausgewiesenen Flurstückfläche (9.136,5 ha) zur Eignungsklasse A zugeordnet wurde. Auch der gewichtete mittlere Eignungswert (**Eignungswert (gew. Mittelwert)**) ist mit 84,1 entsprechend hoch (Abb. 25).

3.2.3.4 Schutz vor Eutrophierung

Nach Auswahl des Kriteriums Schutz vor Eutrophierung (mittels Klick auf **Gewässerschutz (Phosphoreintrag)**) und Navigation zur **Kriterienbewertung: Schutz vor Eutrophierung** sollen auch hier die Standardeinstellungen angewendet werden (Abb. 26).

Als Indikator für dieses Kriterium fungiert der potentielle Phosphoreintrag in $\text{kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$. Auch im Hinblick auf dieses Kriterium wird standardmäßig davon ausgegangen, dass die Anlage von Agroforstsystemen nicht mit nachteiligen Effekten verbunden ist und folglich keine Flurstücke mit der Eignungsklasse C auftreten können. Der angegebene obere Schwellenwert von 26,73 (Abb. 26) repräsentiert lediglich den im Modellgebiet vorgefundenen höchsten Phosphoreintragswert und führt somit nicht zu einem Flächenausschluss.

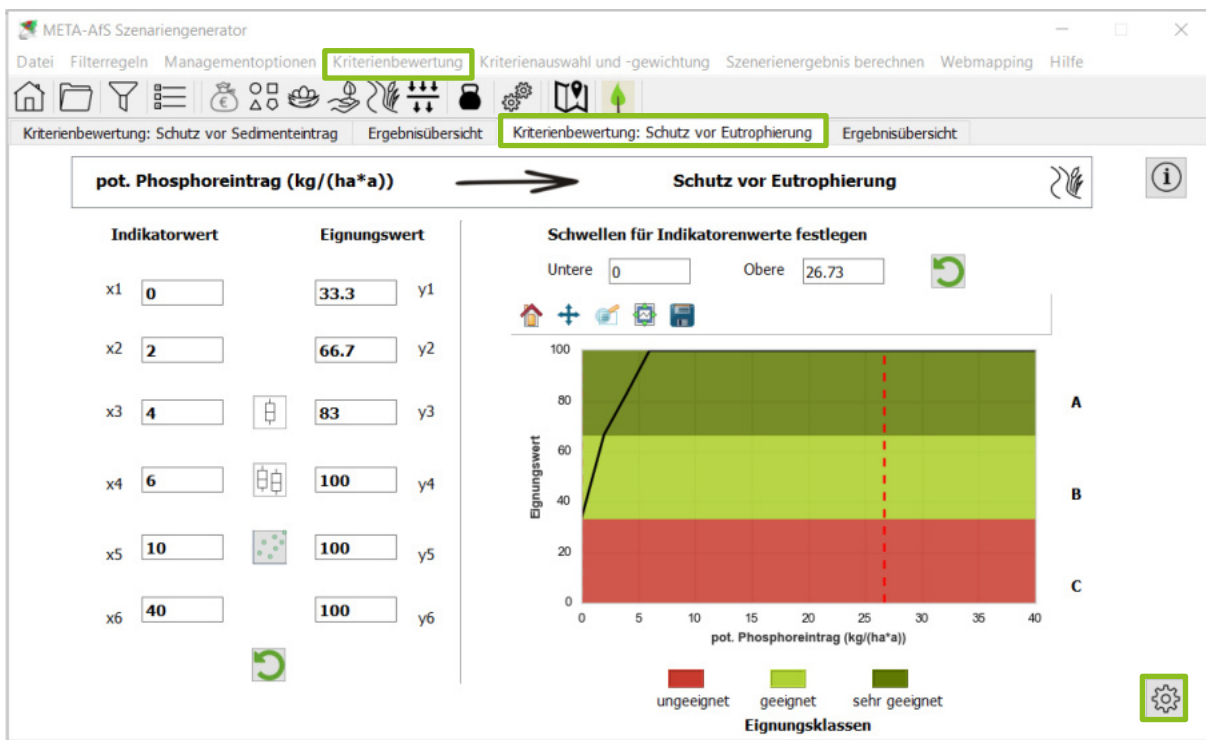


Abbildung 26: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Schutz vor Eutrophierung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Wie die **Ergebnisübersicht** für diesen Indikator zeigt, wurde nahezu der gesamten Ackerland-Flurstückfläche (10.292,9 ha) die Eignungsklasse B zugeordnet (Abb. 27). Hierbei variierten die Eignungswerte über den gesamten möglichen Wertebereich zwischen 33,3 (**Eignungswert (min)**) und 66,6 (**Eignungswert (max)**). Der mittlere Eignungswert beträgt 35,0 (**Eignungswert (gew. Mittelwert)**). Das weist darauf hin, dass der potentielle Phosphoreintrag im untersuchten Gebiet zumeist deutlich unter $2 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ liegt.

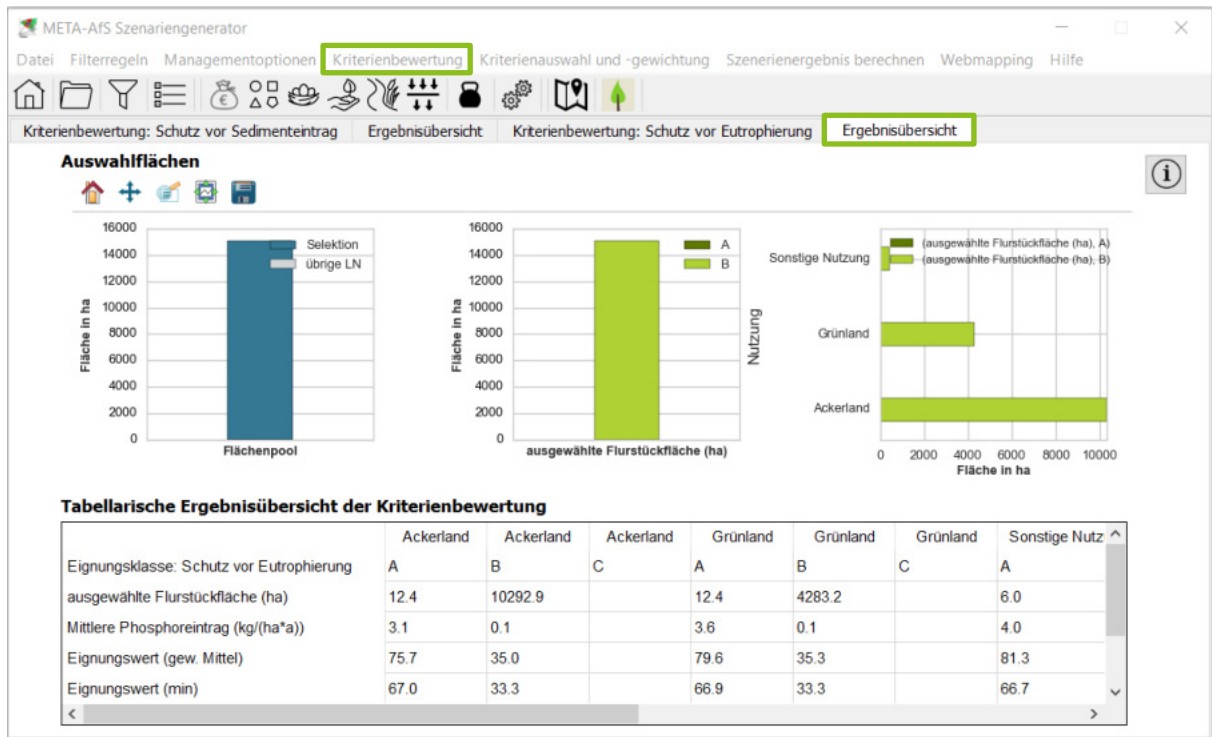


Abbildung 27: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Schutz vor Eutrophierung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

3.2.3.5 Schutz vor Nitratauswaschung $\begin{matrix} \downarrow \downarrow \downarrow \\ \downarrow \downarrow \end{matrix}$

Über den Menüpunkt **Kriterienbewertung** gelangt man über den Bereich Grundwasserschutz (Nitrateintrag) zur **Kriterienbewertung: Schutz Nitratauswaschung**. Auch hier sollen die voreingestellten Werte für die multikriterielle Bewertung angewendet werden. Die Austauschhäufigkeit in %/a dient als Indikator für dieses Kriterium. Analog zu den Kriterien Schutz vor Winderosion und Schutz vor Eutrophierung ist gemäß der Werteeinstellungen durch die Anlage von Agroforstsystemen nicht mit negativen Auswirkungen auf die Nitratverlagerung zu rechnen (Abb. 28). Daher gibt es auch hier keine Eignungswerte, die zur Klassifizierung der Eignungsklasse C führen würden. Der angegebene obere Schwellenwert von 168 repräsentiert den höchsten im Modellgebiet vorkommenden Wert und hat auch hier wieder nur informativen Charakter.

Wie der **Ergebnisübersicht** zu entnehmen ist, gibt es im Gegensatz zu den vorherigen Kriterien keine eindeutig dominierende Eignungsklasse, jedoch ist die Ackerland-Flurstückfläche der Eignungsklasse A mit 5.981,6 ha etwas höher als jene der Eignungsklasse B (Abb. 29). Der gewichtete Eignungsmittelwert (**Eignungswert (gew. Mittelwert)**) beträgt in Klasse B 58,0. Dies verweist darauf, dass sich ein Großteil der Eignungswerte in Klasse B nahe der Klasse A bewegen.

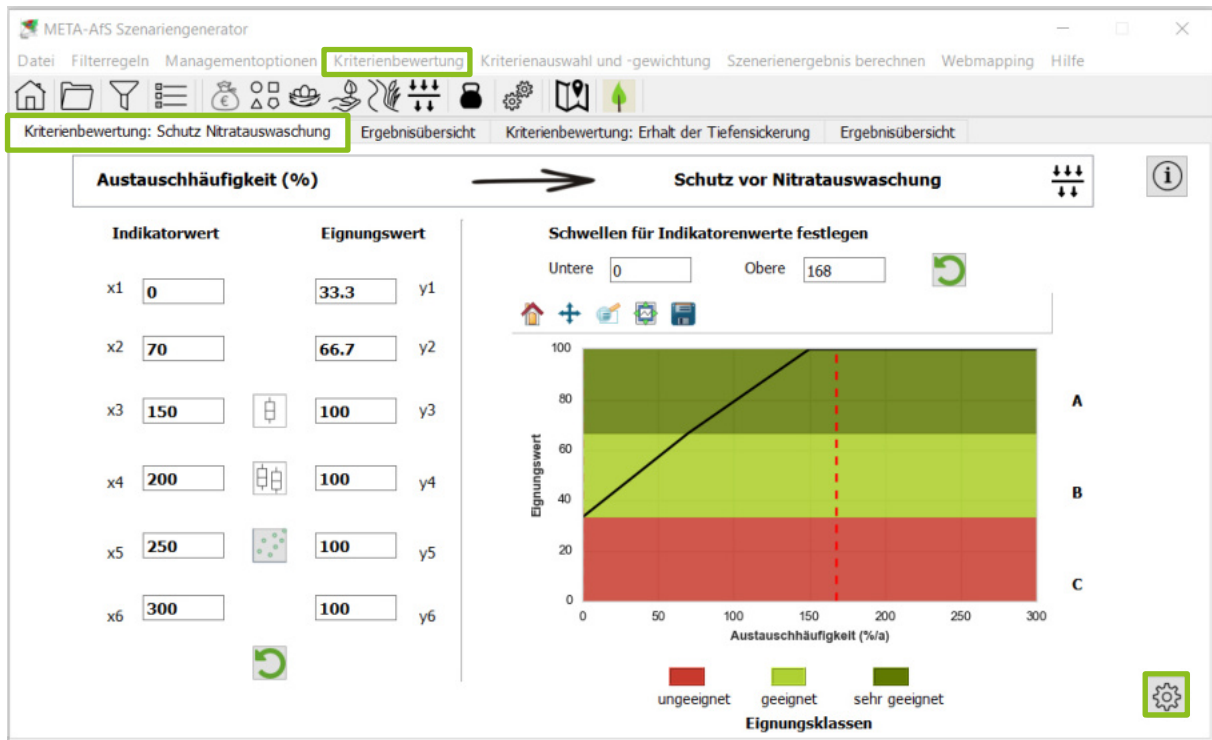


Abbildung 28: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Schutz vor Nitratauswaschung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

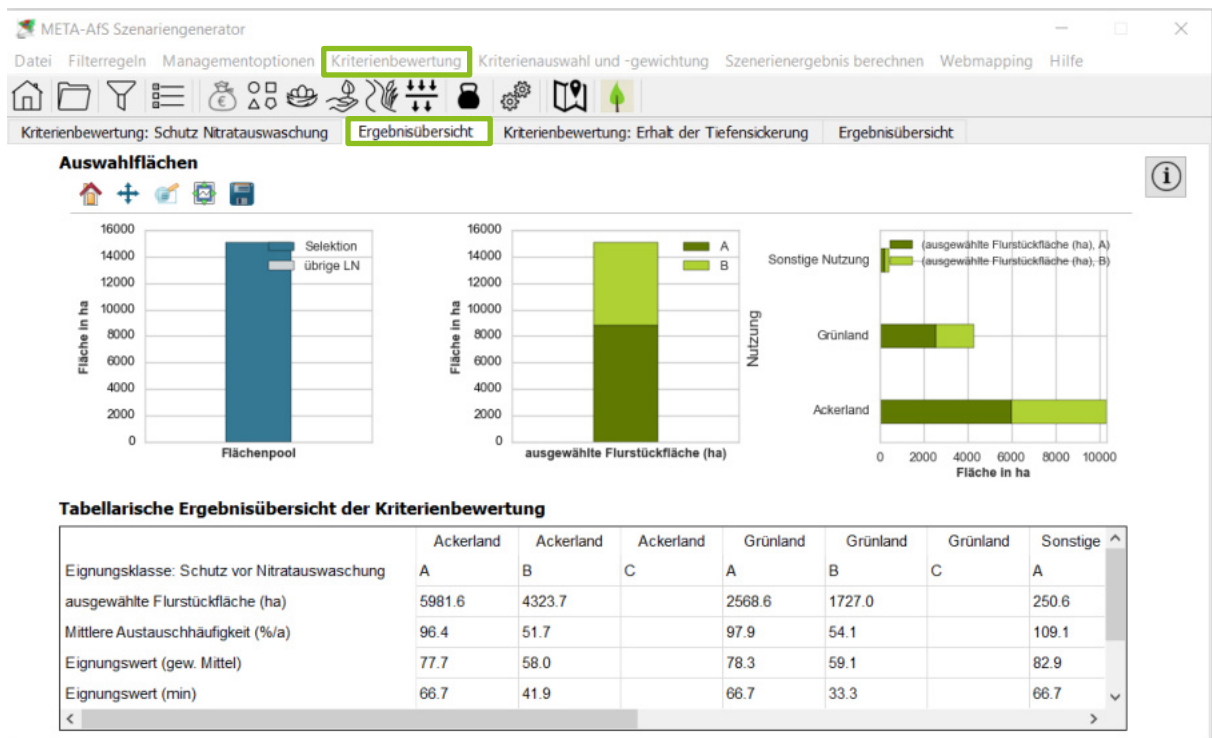


Abbildung 29: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Schutz vor Nitratauswaschung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

3.2.3.6 Erhalt der Tiefensickerung $\begin{matrix} \updownarrow\updownarrow \\ \updownarrow\updownarrow \end{matrix}$

Die **Kriterienbewertung: Erhalt der Tiefensickerung** kann über das Menü **Kriterienbewertung** → **Grundwasserschutz (Erhalt der Tiefensickerung)** erreicht werden (Abb. 30).

Dieses Kriterium wird durch den Indikator potentielle Sickerwasserreduzierung in mm/a beschrieben. Da allgemein davon ausgegangen wird, dass Baumbestände sich durch eine geringere

Grundwasserneubildungsrate auszeichnen als Ackerkulturflächen und eine Reduzierung der Tiefensickerung im Sinne einer nachhaltigen Flächennutzung als nachteilig zu bewerten ist, werden Eignungswerte $> 66,7$ (Eignungsklasse A) nicht erreicht. Ab einer Sickerwasserreduzierung von mehr als 33 mm/a fallen die Flurstücke bei der Standardeinstellung (diese bezieht sich – wie beim Beispielszenario gewählt – auf einen Gehölzanteil $\leq 40\%$; Abb. 30, Funktion = schwarze Linie) in die Eignungsklasse C. Mit steigendem Gehölzanteil reduziert sich dieser Schwellenwert (vgl. 2.3.3.9) bis auf 16 mm/a (100 % Gehölzanteil – KUP; Abb. 30, Funktion = grau gestrichelte Linie).

Die Kriterienbewertung wird nach der Anwendung mit der Standardeinstellung übernommen. Wie in der Ergebnisübersicht ersichtlich, liegt die Mehrheit der Flurstückflächen (5.614,2) in der Eignungsklasse C (Abb. 31). Der gewichtete Eignungsmittelwert (**Eignungswert (gew. Mittelwert)**) beträgt in Klasse C 24,3. In der Eignungsklasse B liegt ebenfalls ein Großteil der Flurstückflächen (4.691,2), wobei der gewichtete Eignungsmittelwert (**Eignungswert (gew. Mittelwert)**) hier 39,3 beträgt. Der maximale Eignungswert beträgt 58 (**Eignungswert (max)**).

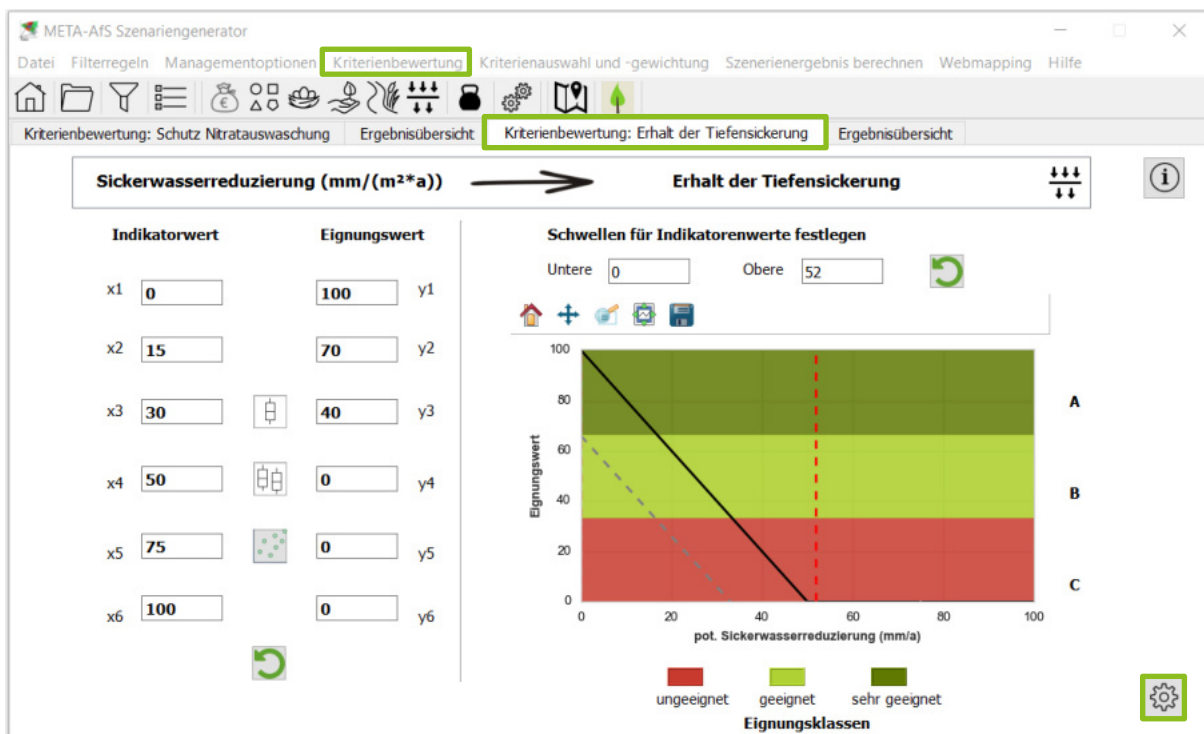


Abbildung 30: Bildschirmansicht zur Bewertung des Kriteriums „Erhalt der Tiefensickerung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

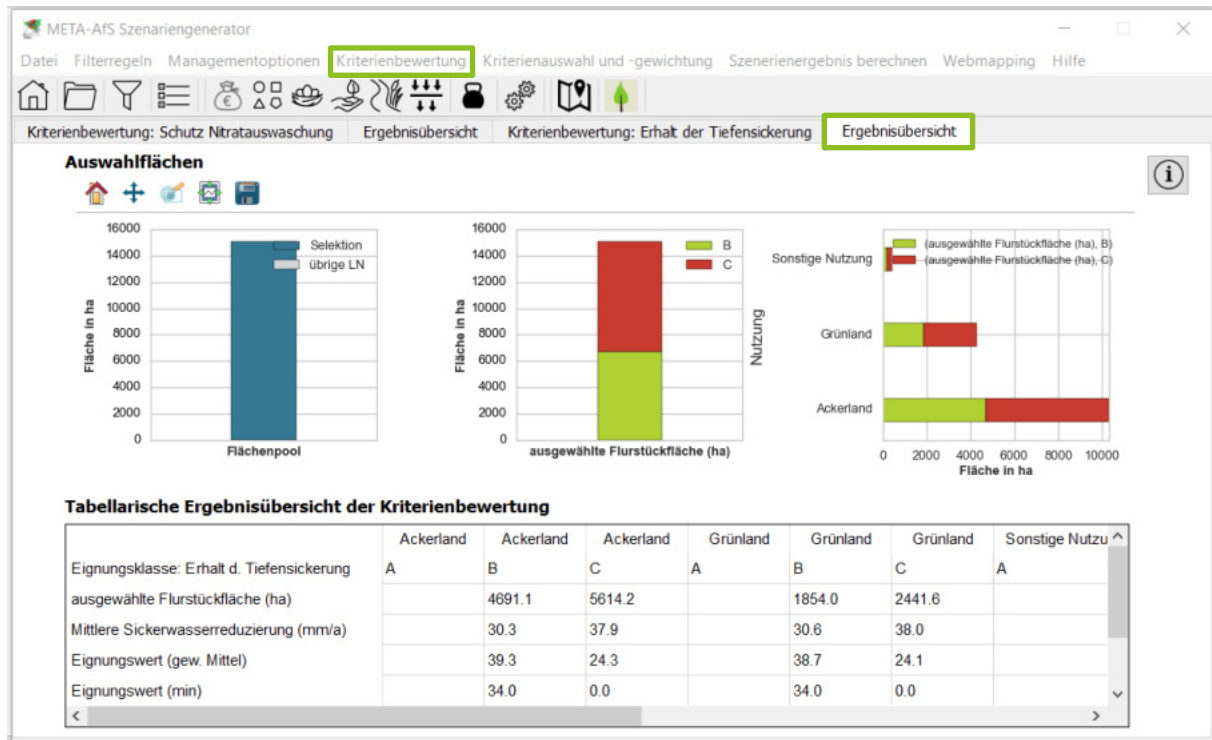


Abbildung 31: Bildschirmansicht der Ergebnisübersicht zum Kriterium „Erhalt der Tiefensickerung“ für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

3.2.4 Festlegung der Gewichtung

Nachdem alle Kriterien, die in die multikriterielle Bewertung einfließen sollen, bewertet wurden, kann auf der Menüleiste zu **Kriterienauswahl und -gewichtung** navigiert werden. Hier sind nun alle in Abschnitt 3.2.3 ausgewählten Kriterien aktiv und können auf einer Skala von 1 bis 5 gewichtet werden (Abb. 32). Ob und wie eine Gewichtung vorgenommen wird, liegt im Ermessen des Anwenders. Für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ wurde ein besonderer Wert auf den Schutz von Boden und Wasser gelegt. Hierbei wurde das Kriterium **Schutz vor Winderosion** am wichtigsten erachtet und sehr hoch (Stufe 5) gewichtet. Die Kriterien **Schutz vor Eutrophierung** und **Schutz vor Nitratauswaschung** wurden bedeutender als die Kriterien **Aufwertung des Landschaftsbildes**, **Habitat für Offenlandbrüter** und **Erhalt der Tiefensickerung** angesehen und mittel (Stufe 3) gewichtet, während die anderen drei Kriterien auf der sehr niedrigen Gewichtungsstufe (Stufe 1) belassen wurden (Abb. 32).



Abbildung 32: Bildschirmansicht der Kriterienauswahl und -gewichtung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

- 1 Die Kriterien **Aufwertung des Landschaftsbildes** und **Habitat für Offenlandbrüter** wurden für das Beispielszenario als sehr niedrig eingestuft, da sie für den Ressourcenschutz nicht im Vordergrund standen. Dennoch sollten sie in die multikriterielle Bewertung einfließen, um diesbezügliche Nachteilswirkungen auszuschließen oder zumindest zu erkennen.
- 2
- 3 Der **Schutz vor Winderosion** ist aufgrund der Standorteigenschaften in der Modellregion als sehr bedeutend für den Schutz des Bodens einzuschätzen. Der durch Winderosion verursachte Verlust von fruchtbarem Boden ist mit unmittelbaren Verlusten von organischer Substanz verbunden und beeinträchtigt eine Vielzahl von Ökosystemfunktionen. Die Windschutzwirkung der Gehölzstrukturen erstreckt sich darüber hinaus über die gesamte Bewirtschaftungsfläche, weshalb dieses Kriterium auch für die umgebende Agrarlandschaft insgesamt als sehr bedeutsam eingestuft wurde.
- 4 Die Ergebnisse der Kriterienbewertung bezüglich des **Schutzes vor Eutrophierung** zeigten, dass die Flurstücke fast ausschließlich der Eignungsklasse B zugeordnet wurden, wobei die Mehrheit der Eignungswerte im unteren Bereich dieser Klasse angesiedelt waren. Dies ist damit zu begründen, dass die Region generell nicht als wassererosionsgefährdet einzustufen ist. Der Phosphoreintrag in Gewässer ist jedoch stark mit dem Oberflächenabfluss und folglich dem Wassererosionspotential verbunden. Die Tatsache, dass die Anlage von Agroforstflächen in der Modellregion nur einen geringen Beitrag zur Reduzierung der Eutrophierung von Oberflächengewässern beitragen kann, veranlasste im Beispielszenario zu einer mittleren Gewichtung dieses Kriteriums.
- 5 Der **Schutz vor Nitratauswaschung** (bzw. **Grundwasserschutz (Nitrat)**) spielt in der Modellregion prinzipiell eine wichtige Rolle. Allerdings beschränkt sich die Schutzwirkung von Agroforstsystemen vornehmlich auf die Gehölzkulturreale. Daher wurde die Wichtigkeit der Schutzwirkung niedriger als im Falle der Winderosion eingeschätzt und folglich die Gewichtungsstufe für dieses Kriterium auf mittel eingestellt.

6

Auch der **Erhalt der Tiefensickerung** ist stark mit der Gehölzkulturfläche verknüpft. In Agroforstsystemen, deren Fläche mehrheitlich durch Ackerkulturen geprägt ist, wurde die Bedeutung dieses Kriteriums als relativ gering eingestuft und folglich die Gewichtungsstufe im Beispielszenario auf sehr niedrig belassen.

Nach erfolgter Gewichtung der Kriterien wird die Berechnung mit einem Klick angewendet. Danach werden ausgewählte Ergebnisse unter **Ergebnisgrafiken Multikriterielle Bewertung** grafisch veranschaulicht (Abb. 33). Dies ermöglicht einen schnellen Überblick sowohl bezüglich der multikriteriellen Bewertung als auch hinsichtlich der Einzelwerte der Indikatoren sowie der potentiellen Fläche einzelner Nutzungsarten. So ist in dem Beispielszenario die multikriterielle Eignungsklasse A von den Indikatoren Schutz vor Nitratauswaschung, Schutz vor Winderosion und die Verbesserung des Landschaftsbildes bestimmt (Abb. 33, linke Grafik). Der multikriterielle Wert in Eignungsklasse A für Ackerland macht fast 2.000 ha aus (Abb. 33, rechte Grafik).

Es besteht hier die Möglichkeit, die Abbildungen für eignungsklassenbezogene Mittelwerte und nutzungsbezogene Summenwerte separat abzurufen und direkt zu vergleichen (Abb. 34 und 35).

Für eine präzise Analyse können die Ergebnisse auch tabellarisch abgerufen werden. Grafiken und Tabellen eignen sich für eine erste Analyse der multikriteriellen Bewertung hinsichtlich der Spezifizierung von Flurstückfläche und Eignungswerten. Hierbei werden die Ergebnisse der multikriteriellen Bewertung jenen der Einzelkriterien gegenübergestellt.

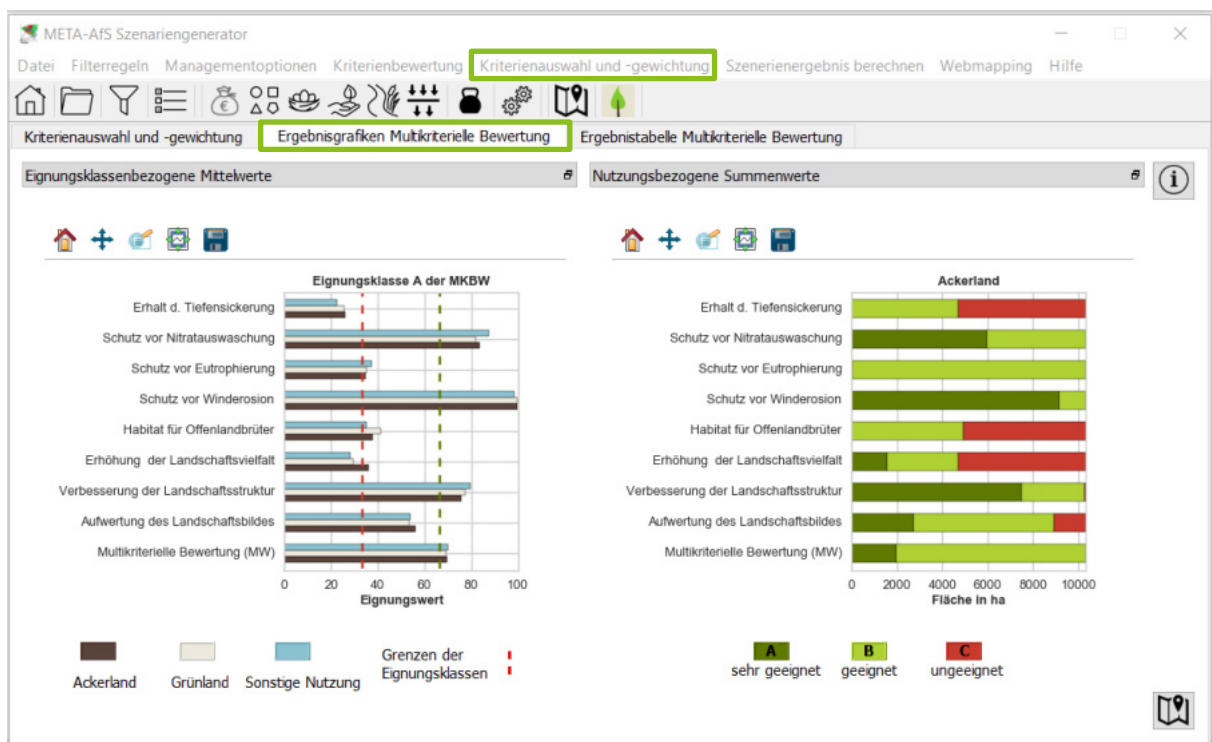


Abbildung 33: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

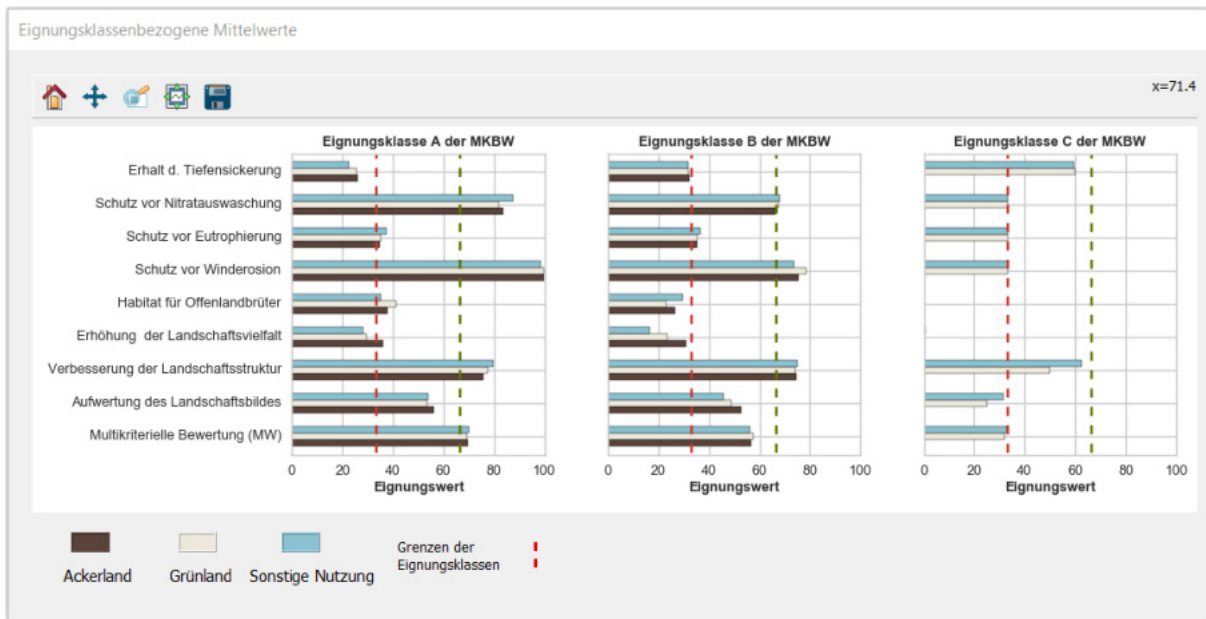


Abbildung 34: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung für die eignungsklassenbezogenen Mittelwerte



Abbildung 35: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung für die nutzungsbezogenen Summenwerte

Unter **Ergebnistabelle Multikriterielle Bewertung** werden die Ergebnisse tabellarisch aufbereitet (Abb. 36). Das Ergebnis der multikriteriellen Bewertung zeigt, dass insgesamt 1.951,3 ha der Ackerland-Flurstückfläche als besonders geeignet (Eignungsklasse A) und 8.354,0 ha als geeignet (Eignungsklasse B) eingestuft wurden (Abb. 36). Als ungeeignet wurde in diesem Szenario keine Fläche klassifiziert. Der **multikriterielle Eignungswert (MW)** der Flurstückfläche in Eignungsklasse A beträgt 69,5. Die Mehrheit der zugeordneten multikriteriellen Eignungswerte bewegen sich folglich an der Grenze zur Klasse B. Bei der Eignungsklasse B beträgt dieser Wert 56,7, was wiederum auf eine Nähe zu Klasse A hindeutet (Abb. 36).

Die Eignungsklasse A wird vor allem von den Kriterien **Schutz vor Winderosion** und **Schutz vor Nitratauswaschung** bestimmt, während die Eignungsklasse B besonders durch die Kriterien **Erhalt der Tiefensickerung**, **Schutz vor Nitratauswaschung**, **Schutz vor Eutrophierung** und **Aufwertung des Landschaftsbildes** geprägt wird. Bei Betrachtung der Auswertung für

Klasse B fällt auf, dass sämtliche Flurstücke bezüglich des Kriteriums **Habitat für Offenlandbrüter** und des Unterkriteriums **Erhöhung der Landschaftsvielfalt** als ungeeignet eingestuft werden (Abb. 36). Durch die Einbindung weiterer Kriterien sowie deren Gewichtungsvorgaben fallen diese Flurstücke dennoch in die Klasse B. Für eine individuelle Flächenbewertung kann die Eignungswert-Information zu bestimmten Einzelkriterien jedoch von großer Relevanz sein.

The screenshot shows the 'META-AfS Szenariengenerator' software interface. The 'Kriterienauswahl und -gewichtung' menu is highlighted. Below it, the 'Ergebnistabelle Multikriterielle Bewertung' is displayed. The table shows the following data:

Eignungskategorie	Ackerland			Grünland			Sonstige
	A	B	C	A	B	C	
Eignungsklasse: Multikriterielle Bewertung (MW)	A	B	C	A	B	C	A
Flurstückfläche (ha)	1951.3	8354.0		957.8	3337.7	0.1	92.8
Kammerung (Index)	31.2	32.5		29.5	32.4	55.0	27.1
Eignungswert: Verbesserung der Landschaftsstruktur	75.8	74.5		77.4	74.1	50.0	79.5
Diversität (Index)	1.6	1.7		1.7	1.9	2.7	1.9
Eignungswert: Erhöhung der Landschaftsvielfalt	36.1	31.1		29.6	23.4	0.0	28.2
Eignungswert: Aufwertung des Landschaftsbildes	55.9	52.8		53.5	48.8	25.0	53.8
Baumreihenlänge (m/km ²)	1157.7	1578.3		993.0	1970.4	3361.0	1260.8
Eignungswert: Habitat für Offenlandbrüter	37.7	26.8		41.2	23.0	0.0	35.3
Bodenabtrag Wind (Klasse)	4.2	2.6		4.1	2.9	0.0	4.0
Eignungswert: Schutz vor Winderosion	99.8	75.6		99.7	78.6	33.3	98.3
Phosphoreintrag (kg/(ha*a))	0.1	0.1		0.1	0.1	0.0	0.3
Eignungswert: Schutz vor Eutrophierung	34.6	35.2		35.3	35.4	33.3	37.5
Austauschhäufigkeit (%/a)	110.1	70.1		106.5	72.8	0.0	121.0
Eignungswert: Schutz vor Nitratauswaschung	83.4	66.2		81.8	67.4	33.3	87.7

Abbildung 36: Bildschirmansicht der Ergebnistabelle zur multikriteriellen Bewertung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Die Ergebnistabellen können, wenn dies erwünscht ist, gespeichert werden.

3.2.5 Ergebnis der Szenarienberechnung

Nach erfolgter (Vor-)Analyse der Ergebnisse werden unter dem Menüpunkt **Szenarienergebnis berechnen** die Szenarienergebnisse unter Berücksichtigung von Filterregeln und Managementoptionen berechnet (Abb. 37).

- 1 In dem Beispielszenario sollten die eingestellten Filterregeln angewandt und die Managementoptionen berücksichtigt werden (Abb. 37).
- 2 Mittels eines Klicks auf die Schaltfläche **Szenarienergebnis berechnen** werden zunächst erneut grafische und tabellarische Ergebnisübersichten bereitgestellt.

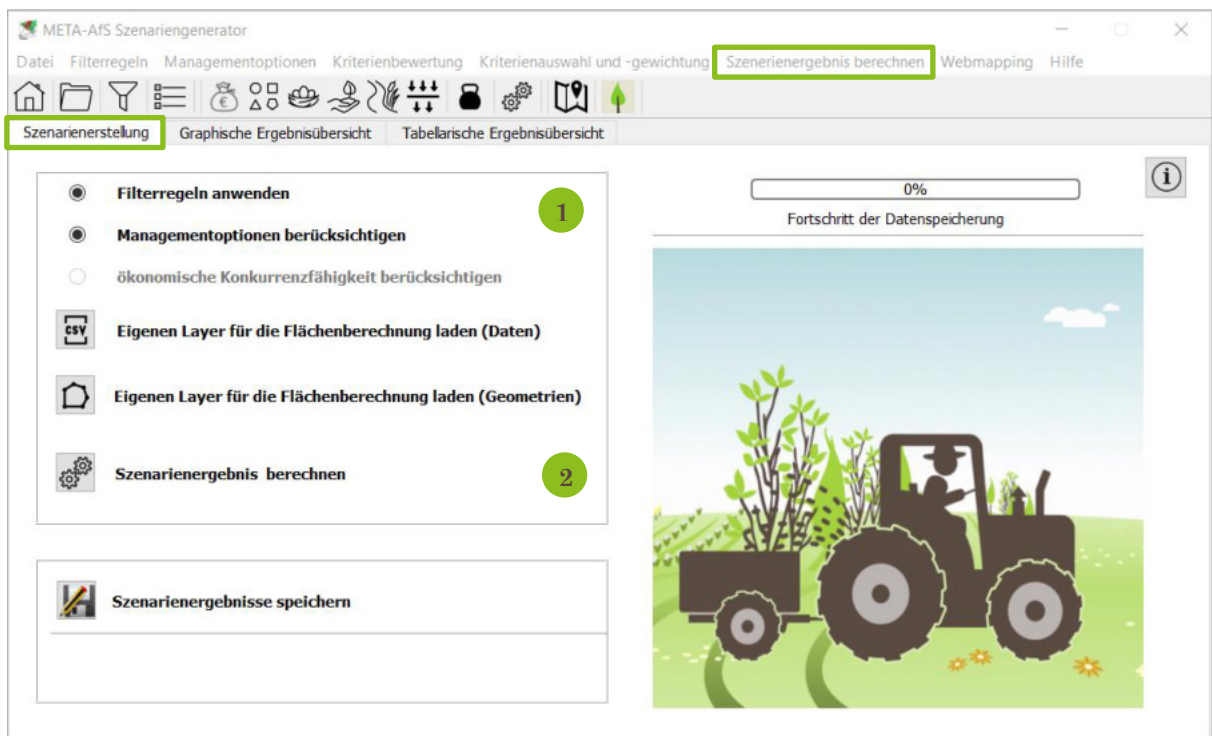


Abbildung 37: Bildschirmansicht der Szenarienerstellung für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Die grafische Übersicht stellt u.a. die Verteilung der Eignungsklassen für die einzelnen Kriterien unter Berücksichtigung der Filterregeln und Managementoptionen dar (Abb. 38). Analog zur Ergebnisübersicht der Kriteriengewichtung werden die Beiträge der einzelnen Kriterien zur multikriteriellen Bewertung dargestellt (**Kriterienwerte**). Hierbei können sowohl Informationen zu den herausgefilterten Flurstücken in eine bestimmte Eignungsklasse (in der Abbildung "Eignungsklasse A") als auch die **AFS-Potenzialflächen** abgerufen werden (Abb. 38).

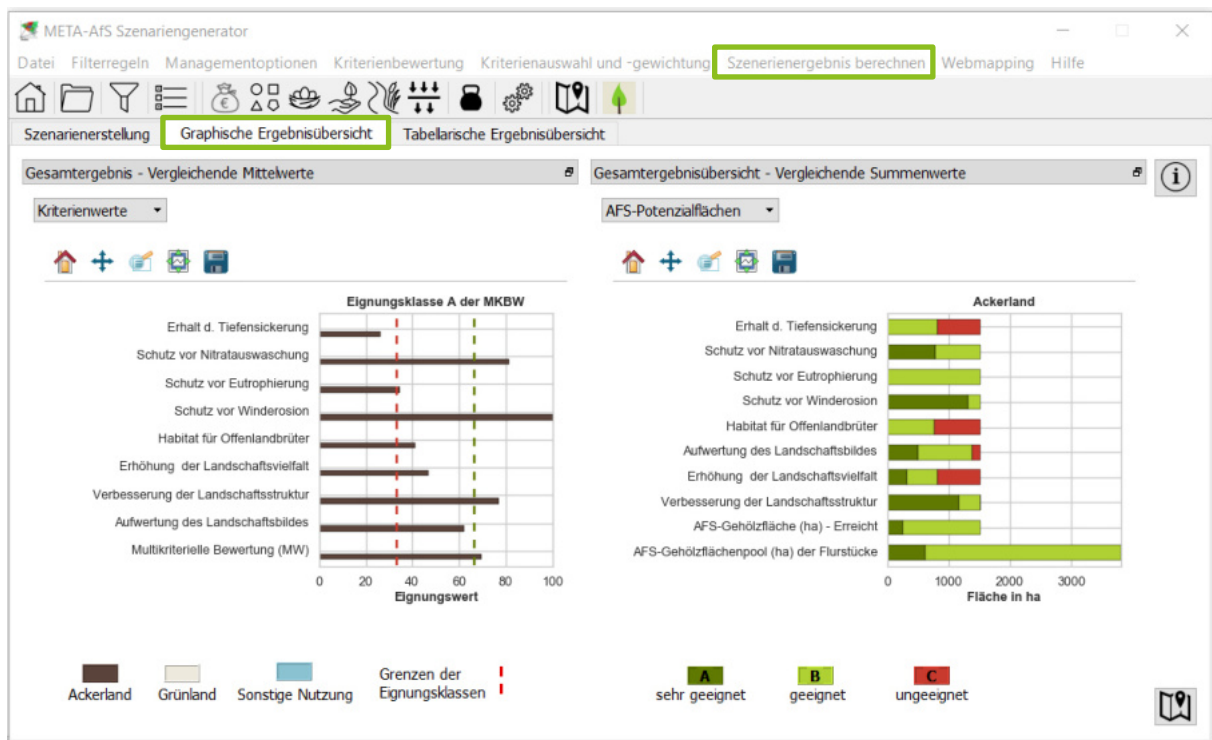


Abbildung 38: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung unter Berücksichtigung von Filterregeln und Managementoptionen für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Es besteht auch die Möglichkeit, die Abbildungen für die Kriterienwerte bezüglich der Eignungsklassen separat abzurufen und die Mittelwerte der einzelnen Kriterien zu vergleichen (Abb. 39). In Eignungsklasse A haben die Kriterien Schutz vor Winderosion und Schutz vor Nitratauswaschung die höchsten Mittelwerte, während in Eignungsklasse B u.a. der Einfluss von Nitratauswaschung in der multikriteriellen Bewertung abnimmt und die Bedeutung des Kriteriums Verbesserung der Landschaftsstruktur vergleichsweise konstant bleibt.



Abbildung 39: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung am Beispiel der vergleichenden Mittelwerte (Kriterienwerte) für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Weiterhin können z.B. die vergleichenden Mittelwerte bezüglich der ermittelten Kriterienoptima den vergleichenden Summenwerten bezüglich des AFS-Eignungsoptimums gegenübergestellt werden (Abb. 40). In dem gezeigten Beispiel für Eignungsklasse A und dem Flächenpotenzial für Ackerland ist es ersichtlich, dass sowohl der höchste Eignungswert als auch das höchste Flächenpotenzial für das Kriterium Schutz vor Winderosion ermittelt wurde. Die potentielle Fläche in Eignungsklasse A beträgt hier etwas mehr als 1.000 ha. Betrachtet man mehrere Kriterien gleichzeitig, nimmt die potentielle Fläche deutlich ab und beträgt in dem selektierten Beispiel nur noch ca. 20 ha (Abb. 40, rechte Grafik). Dies deutet daraufhin, dass in der Praxis lediglich in seltenen Fällen mehrere Kriterien gleichzeitig in einem hohen Niveau verbessert werden können.

Die ermittelten Kriterienoptima können ebenfalls separat abgerufen und zwischen den Eignungsklassen verglichen werden (Abb. 41).

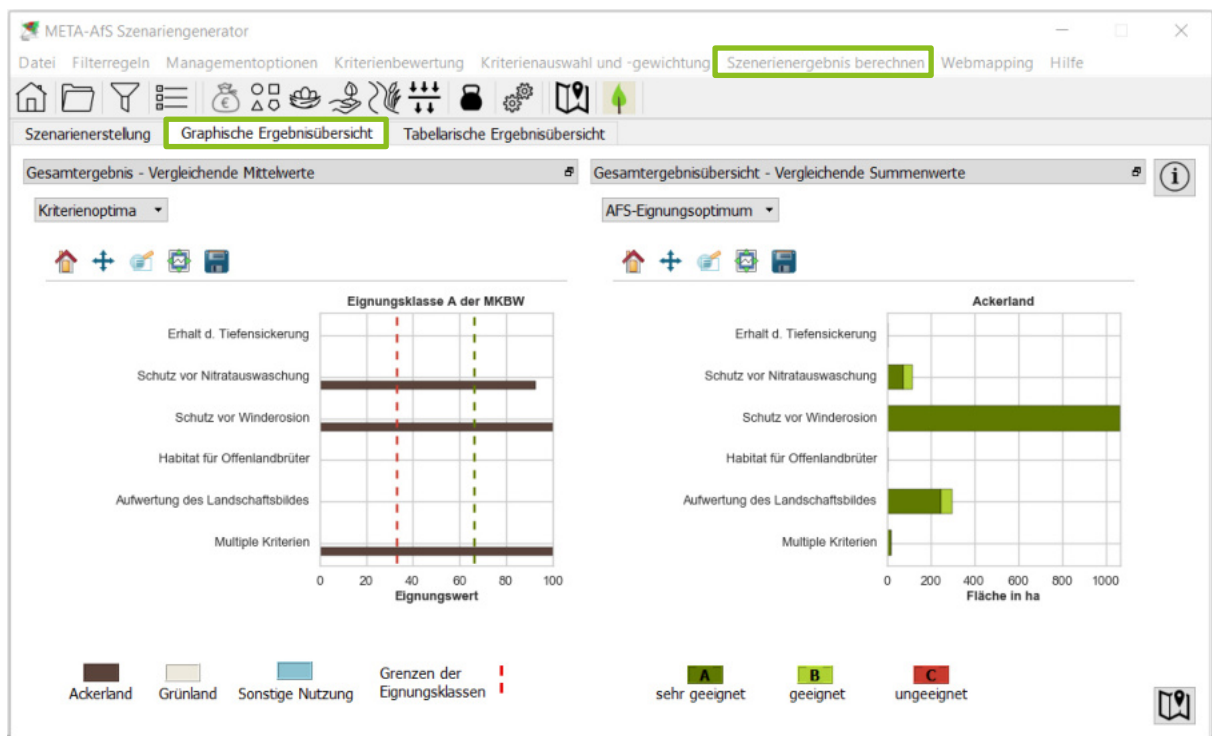


Abbildung 40: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung unter Berücksichtigung von angezeigten Kriterienoptima und AFS-Eignungsoptimum für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

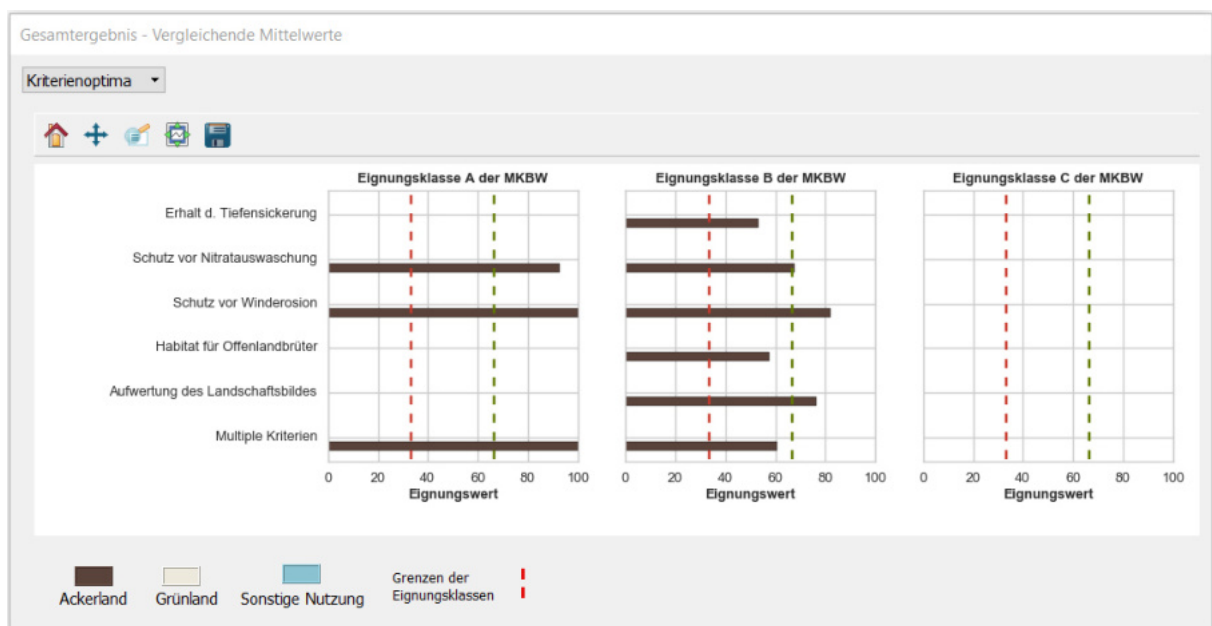


Abbildung 41: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung unter besonderer Berücksichtigung der Kriterienoptima für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Eine weitere Möglichkeit ist, die Mittelwerte für die Biomasseerträge mit den Summenwerten für Energie und Biomasse zu vergleichen (Abb. 42). Aus der Abbildung ist es ersichtlich, dass der mittlere Gehölzertrag in Eignungsklasse A etwas über $8 \text{ t}_{\text{atro}}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ liegt, wobei Pappel und Weide höhere Erträge als Robinie aufweisen. Der Energieertrag aus den AFS-Gehölzen beträgt für die Eignungsklasse A 10 GWh/a auf Ackerland. Die Biomasseerträge können ebenfalls separat veranschaulicht werden (Abb. 43). In der Eignungsklasse B sind die ermittelten Erträge für Pappel und Weide etwas höher als in Eignungsklasse A, was damit verbunden sein könnte, dass in der Berechnung vorwiegend ertragsärmere Flächen als besonders geeignet für die Etablierung von Agroforst, bzw. als besonders gefährdet hinsichtlich der Ressourcen Boden und Wasser ausgewiesen wurden.

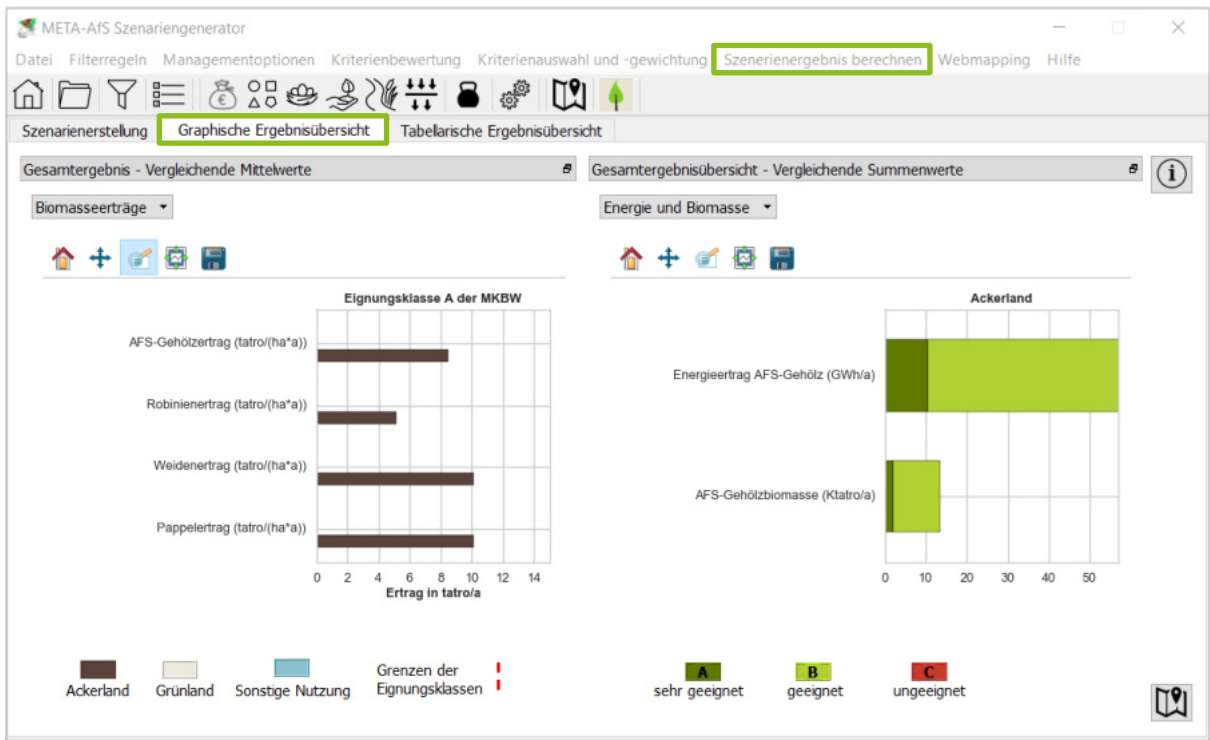


Abbildung 42: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung am Beispiel der Mittelwerte für die Biomasseerträge und die Summenwerte für Energie und Biomasse für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“



Abbildung 43: Bildschirmansicht der Ergebnisgrafiken zur multikriteriellen Bewertung am Beispiel der Mittelwerte der annuellen Gehölzerträge für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Die **Tabellarische Ergebnisübersicht** enthält zahlreiche detaillierte Informationen zu Flächenanteilen auf Flurstück- und Schlagenebene, zu Anzahl von Flurstücken, Gehölzerträgen, Eignungswerten, usw. (Abb. 44). Im Informationsmenü (siehe i-Symbol) werden – wie im gesamten Programm – alle Begriffe kurz erläutert. An dieser Stelle soll nur auf ausgewählte Ergebnisse eingegangen werden.

The screenshot shows the 'META-AfS Szenariengenerator' software interface. The 'Szenarienergebnis berechnen' button is highlighted in green. Below the toolbar, the 'Tabellarische Ergebnisübersicht' tab is selected. The main window displays a table titled 'Tabellarisches Gesamtergebnis des Szenarios'.

Eignungsklasse: Multikriterielle Bewertung (MW)	Ackerland			Grünland		
	A	B	C	A	B	C
AFS-Gehölzflächenpool (ha) der Flurstücke	618.6	3193.3				
AFS-Gehölzfläche (ha) - Erreicht	247.4	1277.3				
AFS-Gehölzbiomasse (Ktatro/a)	2.1	11.4				
Energieertrag AFS-Gehölz (GWh/a)	10.4	56.9				
Anzahl der AFS-Gehölz-Flurstücke	199.0	1036.0				
Ackerzahl (Index)	24.9	35.7				
Pappelertrag (tatro/(ha*a))	10.1	10.8				
Weidenertrag (tatro/(ha*a))	10.1	10.8				
Robinierenertrag (tatro/(ha*a))	5.2	5.4				
AFS-Gehölzenertrag (tatro/(ha*a))	8.5	9.0				
Kammerung (Index)	29.9	31.8				
Eignungswert: Verbesserung der Landschaftsstruktur	77.2	75.7				
Diversität (Index)	1.3	1.6				

Abbildung 44: Bildschirmansicht der Ergebnistabelle zur multikriteriellen Bewertung unter Berücksichtigung von Filterregeln und Managementoptionen für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“

So beträgt nach Anwendung der Filterregeln und Managementoptionen die Gesamtflurstückfläche (**AFS-Gehölzflächenpool (ha) der Flurstücke**; Abb. 44), auf der nach den Maßgaben des Anwenders Agroforstwirtschaft betrieben werden kann bzw. sollte 3.811,9 ha. Hiervon entfallen auf die Eignungsklasse A 618,6 ha.

Da in den Managementoptionen ein maximaler Gehölzanteil am Schlag (**AFS-Gehölzanteil am Schlag (%) – Zielvorgabe**) von 40 % festgelegt wurde, beträgt die potentielle, reine Gehölzfläche (**AFS-Gehölzfläche (ha) – Erreicht**; Abb. 44) lediglich 1.524,7 ha. Dies sind im Mittel 27,7 % am Schlag in Eignungsklasse A und 21,7 % am Schlag in Eignungsklasse B. Der deutlich unterhalb von 40 % liegende Prozentsatz ergibt sich aus der Flurstückzusammensetzung eines Schlages. Würde durch die Hinzunahme eines weiteren Flurstücks der maximale Gehölzflächenanteil von 40 % überschritten, so wird dieses Flurstück nicht mehr berücksichtigt. Nimmt dieses Flurstück jedoch einen vergleichsweise hohen Flächenanteil des Schlages ein, so liegt die maximale Agroforstgehölzfläche deutlich unterhalb des angegebenen Maximalwertes – in diesem Fall von 40 %.

Die Anzahl der Flurstücke (sog. **Anzahl der AFS-Gehölz-Flurstücke**), auf denen Gehölzflächen sinnvoll sind, beträgt in diesem Beispielszenario 1.235. Diese verteilen sich auf 199 Flächen in der multikriteriellen Eignungsklasse A und 1.036 Flächen in Klasse B. Sollte dieses Potenzial voll ausgeschöpft werden, das heißt alle diese potentiellen Gehölzflächen würden tatsächlich entsprechend der festgelegten Managementregeln mit schnellwachsenden Bäumen bestockt werden, würde der geschätzte Energieertrag 67,3 GWh/a betragen (**Energieertrag AFS-Gehölz (GWh/a)** in Abb. 44).

Die **Ackerzahl** der Flurstücke in Eignungsklasse A ist mit 24,9 deutlich niedriger als jene der Klasse B (35,7). Dies weist darauf hin, dass in diesem Beispiel ertragsärmere Flächen relativ stärker von den agroforstlich bedingten Schutzwirkungen profitieren als ertragreichere Standorte.

Nach erfolgter „Schnell-Analyse“ der Daten können die Szenarienergebnisse nun für eine intensivere Analyse oder ggf. auch zur Weiterverarbeitung in Dateiformaten zur Verfügung gestellt werden, die mittels MS-Excel und QGIS abrufbar und bearbeitbar sind. Dies erfolgt durch einen Klick

auf Szenarienergebnisse speichern. Die Daten werden nun in verschiedenen Ordnern, die für jedes Szenario neu erstellt werden, bereitgestellt (vgl. Abschnitt 2.3.5).

3.3 Interpretation der Ergebnisse des Beispielszenarios

3.3.1 Analyse auf Gemeindeebene (Dashboard)

Mit Hilfe des MS-Excel-basierten Dashboards kann ein schneller Überblick auf Gemeindeebene gewonnen werden. Dafür wird in *Beispielszenario\Szenarienergebnis\Dashboard* das Dashboard_template.xls geöffnet. Über **Szenarienergebnisse einladen** können die Szenarienergebnisse (siehe dashinput.csv in *Beispielszenario\Szenarienergebnis\Dashboard\CSV*) in die Dashboard-Oberfläche eingeladen und bei Bedarf über **Dashboard aktualisieren** aktualisiert werden (Abb. 45).

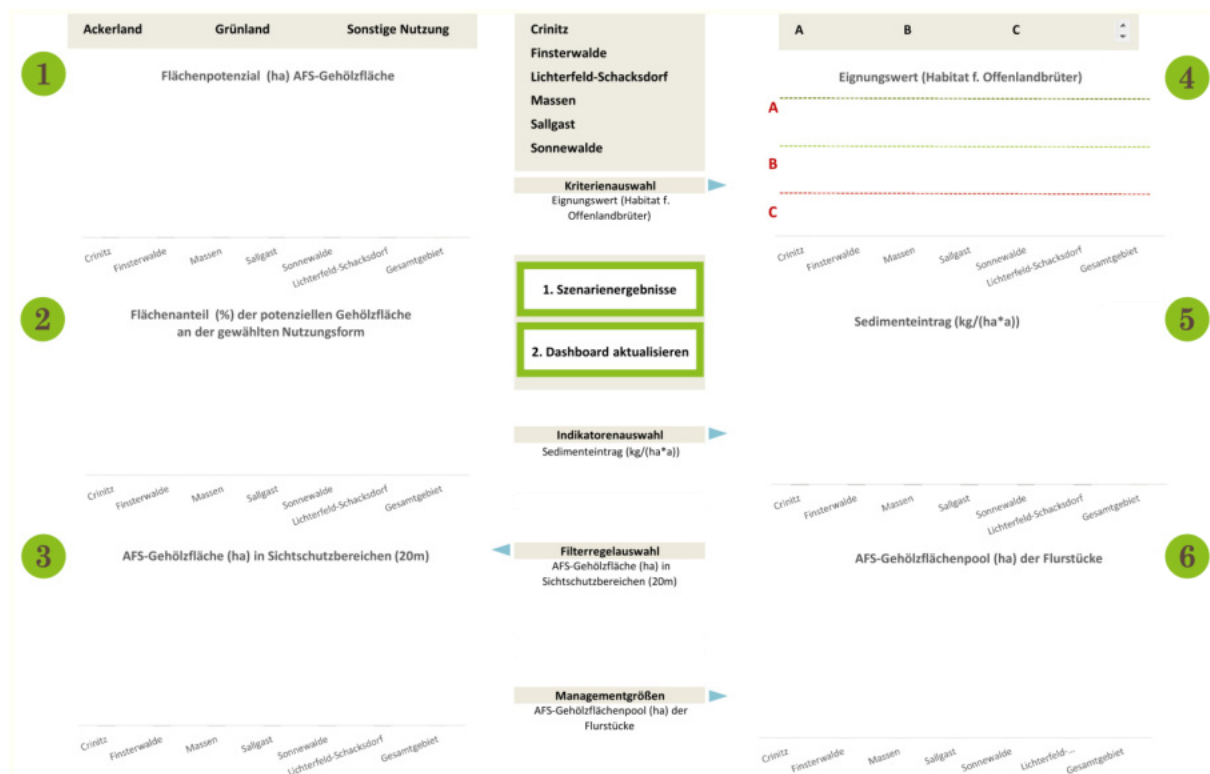


Abbildung 45: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche

Die Ergebnisübersicht enthält:

- 1 gemeindebezogene Grafiken zum Flächenpotenzial in Abhängigkeit der gewählten Landnutzungsform,
- 2 gemeindebezogene Grafiken zum Flächenanteil (%) der potentiellen Gehölzfläche in Abhängigkeit der gewählten Landnutzungsform und
- 3 gemeindebezogene Grafiken zu den durch Filterregeln beanspruchten Flächen in Abhängigkeit der gewählten Landnutzungsform.
- 4 Für die einzelnen Kriterien werden – bei Bedarf differenziert nach den Eignungsklassen A, B und C – die Eignungswerte auf Gemeindeebene dargestellt.

- 5 Überdies werden für die einzelnen Indikatoren– bei Bedarf differenziert nach den Eignungsklassen A, B und C – die Eignungswerte auf Gemeindeebene dargestellt.
- 6 Ferner wird ein Bezug zu den Managementgrößen hergestellt.

Alles in allem erlaubt das Dashboard somit eine detaillierte Analyse der Ergebnisse auf kommunaler Verwaltungsebene. Im Folgenden wird anhand des Beispielszenarios exemplarisch auf einzelne Aspekte eingegangen.

Die Kriterienbewertung zeigte, dass die multikriterielle Eignungsklasse A durch die Kriterien Schutz vor Winderosion und Schutz vor Nitratauswaschung bestimmt wurde. Werden diese Kriterien im Dashboard gegenübergestellt, indem z.B. unter Punkt Kriterien „Schutz vor Winderosion“ und unter Punkt Indikatoren „Austauschhäufigkeit (%/a)“ (als Maß für den Nitrataustrag) selektiert werden, so wird deutlich, dass der durch Agroforstwirtschaft hervorgerufene Windschutz in allen Gemeinden auf einem fast gleichen, sehr hohen Niveau ist (Abb. 46 und 47). Soll neben dem Schutz vor Winderosion ebenfalls der Schutz vor Nitratauswaschung möglichst hoch sein, so sind vor allem die Gemeinden Massen und Lichterfeld-Schacksdorf als prädestiniert herauszustellen, da dort die Austauschhäufigkeit am höchsten ist (Abb. 46). Den höchsten Anteil an Flächen mit der Eignungsklasse A weisen die Gemeinden Sonnewalde (201 ha) und Finsterwalde (74 ha) auf. In der Gemeinde Crinitz existieren hingegen keine Flächen der multikriteriellen Eignungsklasse A, weswegen diese bei Auswahl dieser Eignungsklasse in den Grafiken nicht angezeigt wird (Abb. 46).

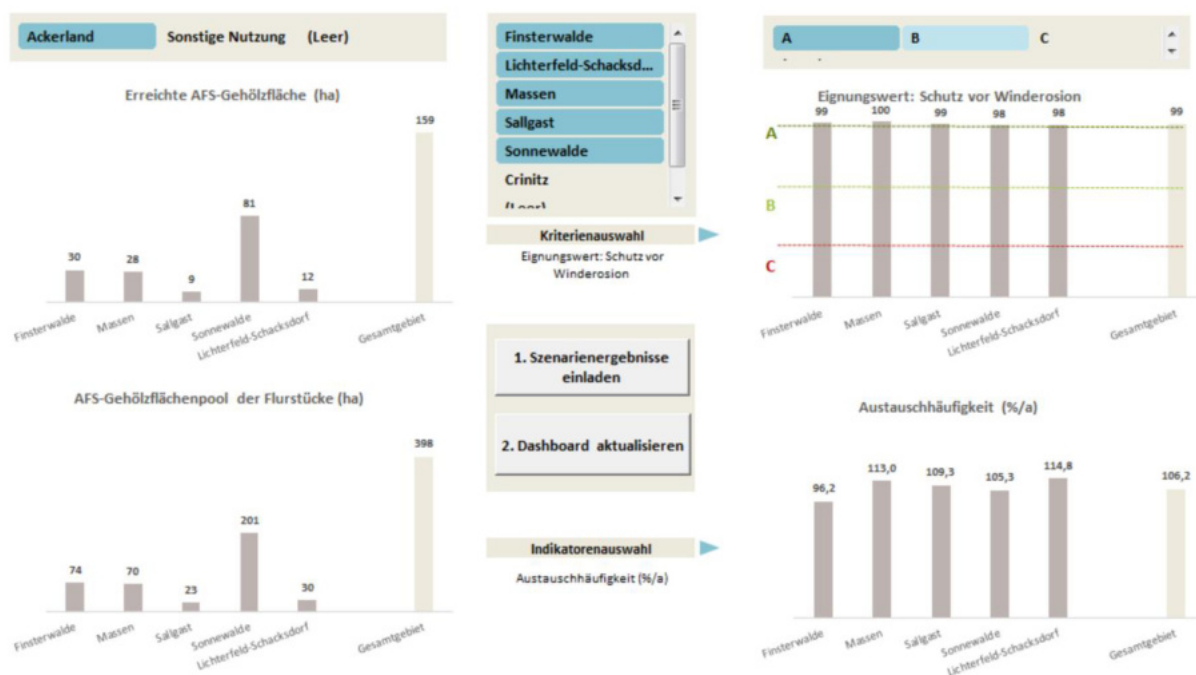


Abbildung 46: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Synergieeffekten für die Eignungsklasse A

Abbildung 47 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für die Eignungsklasse B. Bezüglich dieser Klasse weist die Gemeinde Sonnewalde mit 1.935 ha das mit Abstand höchste Flächenpotenzial auf. Bezogen auf die Austauschhäufigkeit sind allerdings besonders die Flächen der Gemeinde Crinitz prädestiniert. Jedoch ist das Flächenpotenzial hier sehr gering.

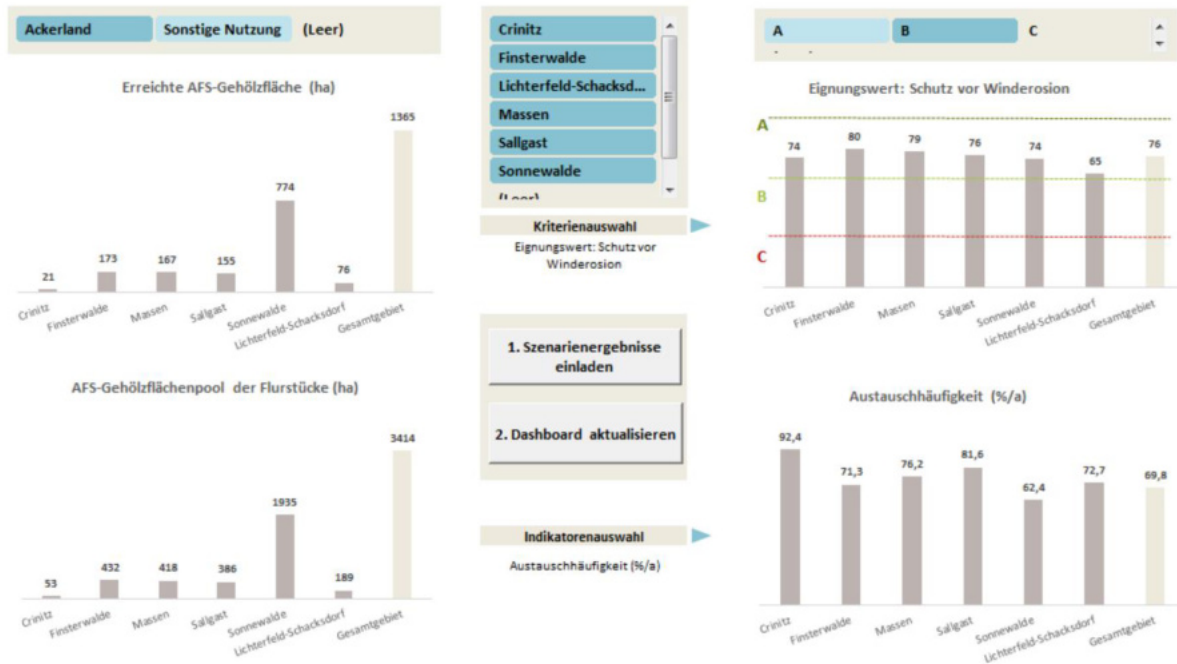


Abbildung 47: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Synergieeffekten für die Eignungsklasse B

Das Dashboard eignet sich auch, um auf Gemeindeebene potentielle Konflikte zwischen gegensätzlich wirkenden Kriterien zu analysieren. Als Beispiel sei hier das Kriterium „Schutz vor Winderosion“ mit den im Mittel höchsten Eignungswerten und das Kriterium „Habitat für Offenlandbrüter“ mit den niedrigsten Eignungswerten angeführt. Der Mittelwert von Letzterem liegt innerhalb der multikriteriellen Eignungsklasse A in Eignungsklasse B (Abb. 48) und innerhalb der multikriteriellen Eignungsklasse B in Eignungsklasse C (Abb. 49). Besonders niedrige Eignungswerte liegen hierbei in den Gemeinden Massen und Sallgast vor. Aber auch in diesen Gemeinden ist der durch Agroforstwirtschaft hervorgerufene Schutz vor Winderosion (in Abb. 46 und 47) potentiell als sehr hoch einzuschätzen.

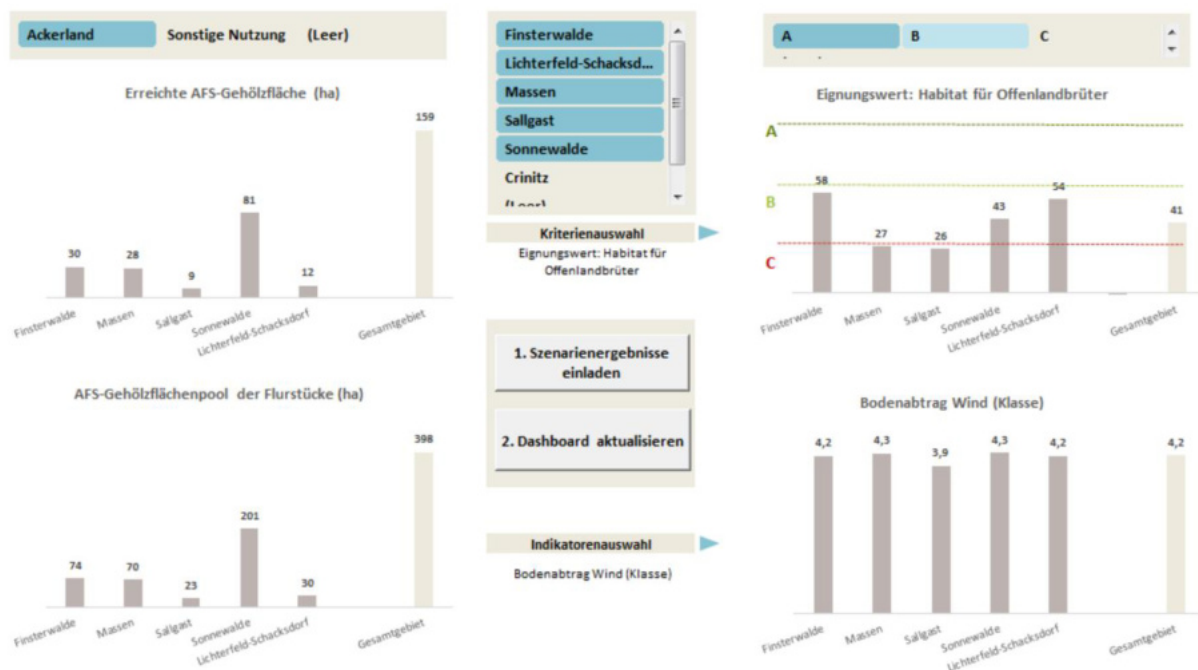


Abbildung 48: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Konflikteffekten für die Eignungsklasse A

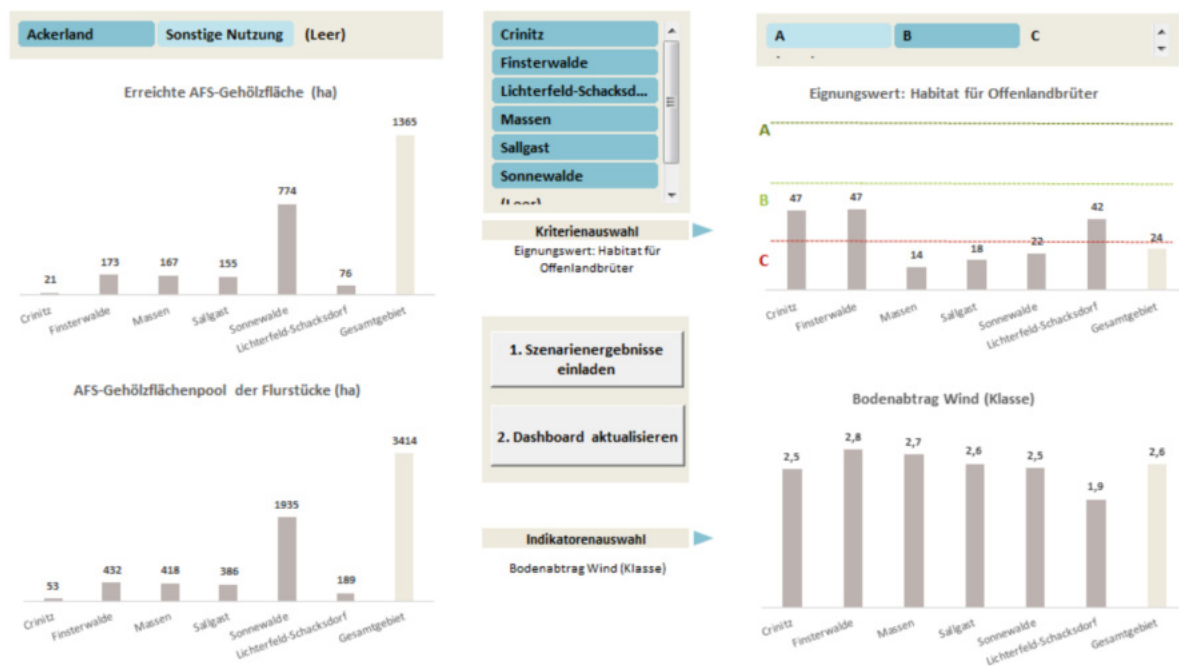


Abbildung 49: Bildschirmansicht der Dashboard-Oberfläche für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit ausgewählten Einstellungen zu Konflikteffekten für die Eignungsklasse B

Dies zeigt, dass auch nach Vorlage der Szenarienergebnisse, welche auf Entscheidungen basieren, die im Rahmen der Kriterienbewertung und -gewichtung getroffen wurden, Abwägungen bei der konkreten Flächenauswahl möglich sind. Im Beispielszenario „Ressourcenschutz“ wurde der Schutz vor Winderosion als wichtigstes Kriterium festgelegt. Ungeachtet dessen könnten zum Beispiel die Flächen der Gemeinden Massen und Salzgast aufgrund der niedrigen Eignungswerte für Offenlandbrüter dennoch als weniger prioritär im Vergleich zu den in Finsterwalde oder auch in Sonnenwalde befindlichen Flächen betrachtet werden, zumal diese Gemeinden insgesamt ein höheres Flächenpotenzial aufweisen.

3.3.3 Analyse auf Ebene der Modellregion (GIS-Datensatz)

In QGIS können die erstellten Szenarien auf Landschaftsebene analysiert werden. Hierfür kann die unter *Beispielszenario*\Szenarienergebnis\GIS\QGS zu findende Projektdatei *Beispielszenario.qgs* geöffnet werden. Die Grenzen und Filterflächen sind in dem Szenario bereits voreingestellt (Abb. 50). Die Eignungswerte der multikriteriellen Bewertung können sowohl für die Flurstücke als auch für die Schläge als neue Layer geladen werden. Bei Bedarf können auch die Luftbilder dazu geladen werden. Prinzipiell ist eine Betrachtung der Flächen und Eignungsklassen auf Flurstück- und auf Schlagebene möglich.

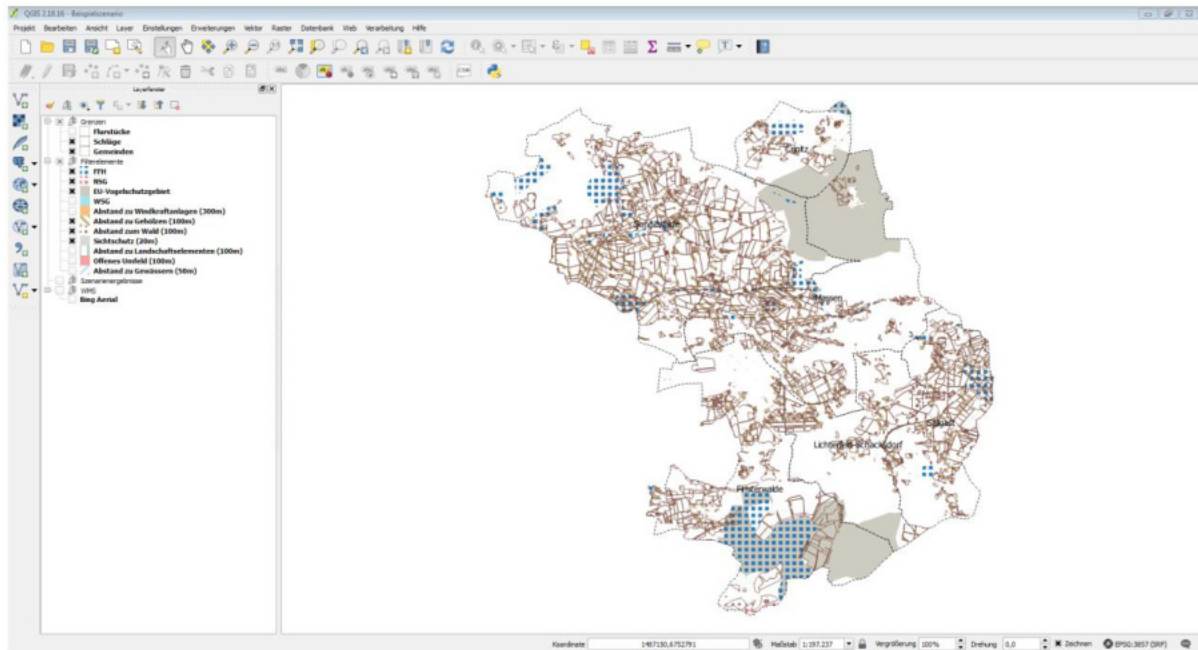


Abbildung 50: Bildschirmansicht nach Öffnen des QGIS-Projektes zum Beispielszenario „Ressourcenschutz“

Exemplarisch ist in Abbildung 51 ein Kartenausschnitt sowohl in Schlag- als auch in Flurstückebene der Gemeinde Sonnewalde dargestellt. Hierbei wird ersichtlich, dass Detailinformationen der Flurstückebene bei Verwendung der Schlagenebene verlorengehen. Wesentlich ist auch die Tatsache, dass Schläge, deren Fläche sich zu mehr als 50 % außerhalb von Filterzonen befindet, durch die Filterregeln nicht ausgeschlossen werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass auf Schlagenebene auch gefilterte Bereiche zur AFS-Potenzialfläche hinzugerechnet sein können (Abb. 51). Dennoch besitzt die Betrachtung der Schläge – trotz der Inkaufnahme eines Informationsverlustes – vor allem für Landwirtschaftsbetriebe eine höhere Praxisrelevanz.

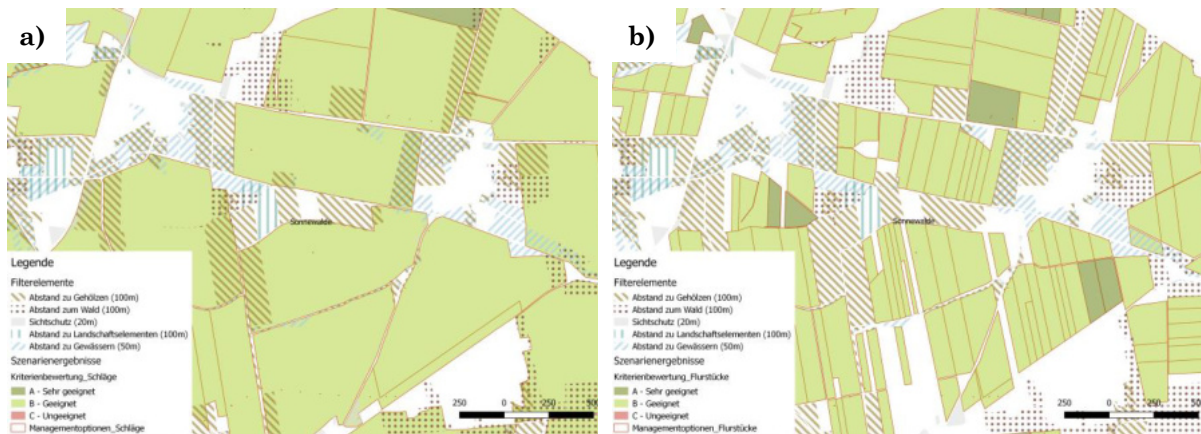


Abbildung 51: Landschaftsanalyse auf a) Schlag- und b) Flurstückebene (Kartenausschnitt innerhalb der Gemeinde Sonnewalde)

Für alle Flächen können zahlreiche Informationen (z.B. Größe, Eignungswerte, usw.) abgerufen werden. Außerdem hat der Anwender die Möglichkeit, die Flächen in Abhängigkeit der maximalen Eignungswerte einzelner Kriterien darzustellen (Abb. 52). So können gezielt die Flurstücke bzw. Schläge identifiziert und ausgewählt werden, die für ein (oder auch mehrere Schutzgüter) ein Eignungsoptimum aufweisen.



Abbildung 52: Landschaftsanalyse auf a) Schlag- und b) Flurstückebene unter Berücksichtigung der maximalen Eignungswerte der in das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ einbezogenen Kriterien (Kartenausschnitt innerhalb der Gemeinde Sonnewalde)

Tabelle 6 zeigt für das Untersuchungsgebiet, wie sich die Kriterieneignungswerte für das Szenario „Ressourcenschutz“ darstellen, wenn man jeweils nach dem Kriterium mit dem höchsten Eignungswert selektiert. Für das Modellgebiet ergibt sich auf Flurstückebene eine Gehölzfläche von 1.525 ha mit einem Energieertrag von 67.313 MWh/a. Das entspricht einem mittleren Biomasseertrag von 8,9 $t_{atro}/(ha \cdot a)$.

Da das Untersuchungsgebiet eine besondere Disposition gegenüber Winderosion aufweist, tritt hier auch der höchste Eignungsmittelwert von 86 auf (da die Eignungswerte für jedes Flurstück berechnet werden, werden für Flächensummen entsprechend Mittelwerte berechnet) und es werden besonders viele Flächen (1076 ha) ausgewiesen, auf denen eine Schutzwirkung durch Agroforstsysteme zu erreichen ist.

Unter den gegebenen Szenarienbedingungen kann das Kriterium „Schutz vor Eutrophierung“ auf keiner Fläche den maximalen Eignungswert stellen und wird daher in der Spalte, in welcher die Kriterien aufgelistet sind, nicht aufgeführt.

Tabelle 6: Flächengrößen, Biomasse, Energieertrag und Kriterieneignungswerte in Abhängigkeit der maximalen Kriterieneignungswerte für die in das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ einbezogenen Kriterien sowie Mittelwerte der einzelnen Kriterien in Abhängigkeit der Kriterien mit dem höchsten Eignungswert (Flurstückebene)

Kriterium mit höchstem Eignungswert	Gehölzfläche (ha)	AFS Biomasse (t_{atro}/a)	Energieertrag (MWh/a)	AL	HO	SW	SE	NA	ET
				Eignungsmittelwerte (in Bezug auf entsprechende Gehölzfläche)					
Aufwertung des Landschaftsbildes	299	2.682	13.327	76	28	61	35	56	40
Habitat für Offenlandbrüter	8	69	344	52	58	50	36	52	41
Schutz vor Winderosion	1.076	9.460	47.014	53	25	86	35	71	33
Schutz vor Nitratauswaschung	117	1.080	5.369	47	33	62	35	68	27
Erhalt der Tiefensickerung	4	40	197	45	9	50	38	45	53
Multiple Kriterien	22	214	1.062	66	42	74	35	65	29
Summe	1.525	13.545	67.313						

AL: Aufwertung des Landschaftsbildes; HO: Habitatauswahl für Offenlandbrüter; SW: Schutz vor Winderosion; SE: Schutz vor Eutrophierung; NA: Schutz vor Nitratauswaschung; ET: Erhalt der Tiefensickerung

Auffällig ist, dass einige Eignungsmaxima mit der „Nicht-Eignung“ (Kriterienwerte < 33,3) eines anderen Kriteriums verknüpft sind. Besonders häufig tritt dieser Fall für das Kriterium „Habitat für Offenlandbrüter“ auf (Tab. 6 – fett und rot unterlegt). Folgerichtig bildet das Eignungsmaximum für das Kriterium „Habitat für Offenlandbrüter“ die einzige Ausnahme, die für eine Eignung dieser Flächen für Agroforstsysteme spricht – allerdings beträgt das Flächenpotenzial hier lediglich 8 ha.

Wenn diese „Eignungskonflikte“ ausgeschlossen werden sollen, hat der Nutzer die Möglichkeit, die Schwellenwerte in der Kriterienbewertung so zu setzen, dass beispielweise alle nicht geeigneten Flächen (Kriterieneignungswerte < 33,3) bei der Flächenauswahl von vornherein unberücksichtigt bleiben (vgl. Abschnitte 2.3.3 und 3.2.3)

In jedem Falle ist eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Eignungswerte für die Wahl potentieller Agroforstflächen lohnenswert. So können auch auf kleinen Distanzen mögliche Konflikte unterschiedlich stark ausgeprägt sein. In Abbildung 53 sind exemplarisch zwei Flurstücke markiert, bei denen das Kriterium „Schutz vor Winderosion“ die höchsten Eignungswerte aufweist.

- 1 Wie der flächenspezifischen Attributtabelle zu entnehmen ist, liegt bei dem Flurstück kein Konflikt mit dem Kriterium „Habitat für Offenlandbrüter“ vor, da für keines dieser Kriterien die Eignungsklasse C vorliegt.
- 2 Anders ist dies in jenem Flurstück, wo bezüglich des Kriteriums „Habitat für Offenlandbrüter“ die Eignungsklasse C ausgewiesen wurde (Abb. 53). Bei einer Entscheidung zwischen diesen beiden Flächen würde vor diesem Hintergrund die Wahl auf das erste Flurstück fallen, welches diesbezüglich kein Konfliktpotenzial aufweist. Zudem beträgt der Eignungswert für das Kriterium „Schutz vor Winderosion“ hier auch 100 und ist damit etwas höher als auf dem zweiten Flurstück.

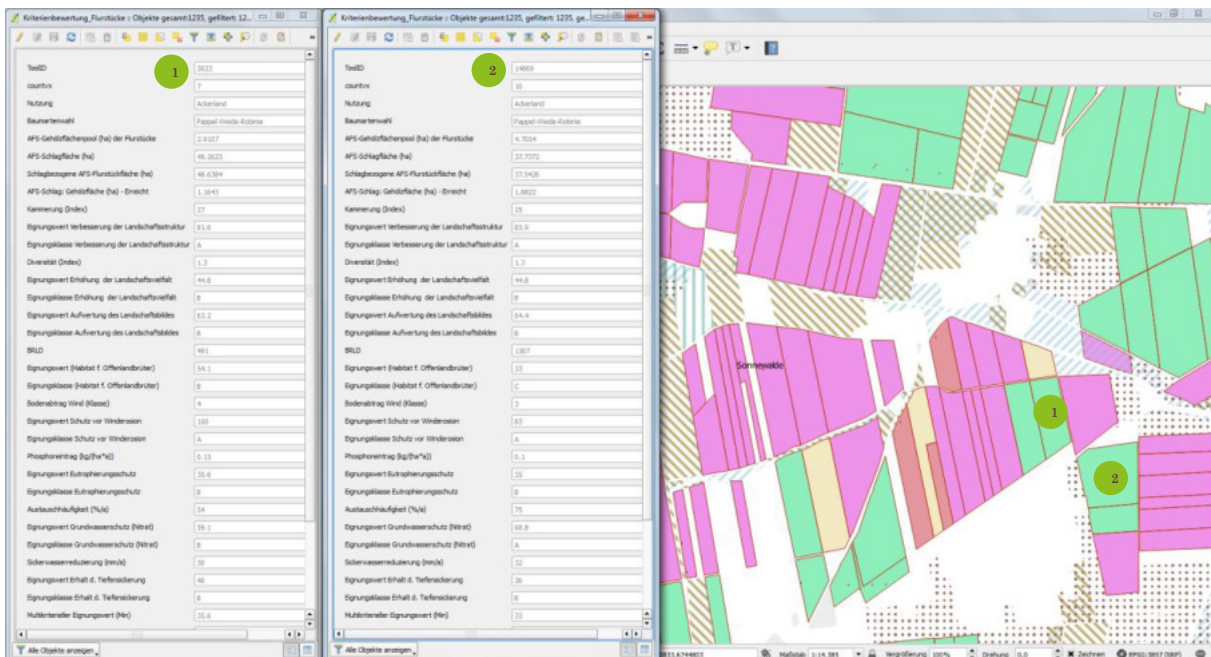


Abbildung 53: Ausgewählte Beispielflächen (Flurstücke) mit den entsprechenden Attributtabelle, die für jede Fläche abrufbar ist

3.4 Webmapping

Im Webmapping-Modul (vgl. auch Abschnitt 2.3.6) kann eine schnelle visuelle Analyse der räumlichen Verteilung von geeigneten Flurstücken stattfinden (Abb. 54). Die interaktiven Karten stellen die Flächenpotenziale für a) die angewendeten Filterregeln, b) die ausgewählten

Managementoptionen, c) die Kriterienbewertung und d) das gesamte Szenario (je nach Einstellung a+b+c) dar. Wenn der Nutzer das Szenario speichert (vgl. Abschnitt 2.3.5) werden die Karten als HTML-Dateien gespeichert und können durch Doppelklick in jedem beliebigen Browser geöffnet werden. So kann der Nutzer auch Karteninformationen nutzen, ohne, dass ein GIS-Programm genutzt werden muss.

In dem beschriebenen Beispielszenario besteht demnach das größte Potenzial im nördlichen Teil des Modellgebietes, vorwiegend in der Gemeinde Sonnewalde, während sich im südlichen Teil nur wenige Flächen als geeignet erwiesen.

In einem Cluster sind bis zu 129 Flurstücke zu finden. In allen Gemeinden gibt es auch einzelne Flurstücke, die als geeignet markiert wurden. Allerdings ist es für eine leichtere Bewirtschaftung sinnvoller Agroforst in mehreren näherliegenden Flurstücken zu etablieren. Insbesondere bei der Produktion von Energieholz in Agroforstsystemen ist es sinnvoll, die Transportwege zu den energetischen Verwertungsanlagen (z.B. BHKW) so kurz wie möglich zu halten.

Für jedes Flurstück sind detaillierte Merkmale zur Flächeneignung abrufbar. So ist es für den Anwender u.a. schnell ersichtlich, welches Kriterium zu einer maximalen Schutzwirkung beiträgt (Abb. 55, Optimum – Eignungswert: Schutz vor Winderosion). Diese Informationen sind für die spätere genaue Ausgestaltung der jeweiligen Agroforstfläche von großer Bedeutung, da die agroforstliche Schutzwirkung maßgeblich von der Anordnung der Gehölze abhängt. Die hier bereitgestellten Informationen können daher als Basis für die konkrete Planung von Agroforstsystemen mittels der Entscheidungshilfe zur Planung von Agroforstflächen genutzt werden (**Loseblatt # 55**).

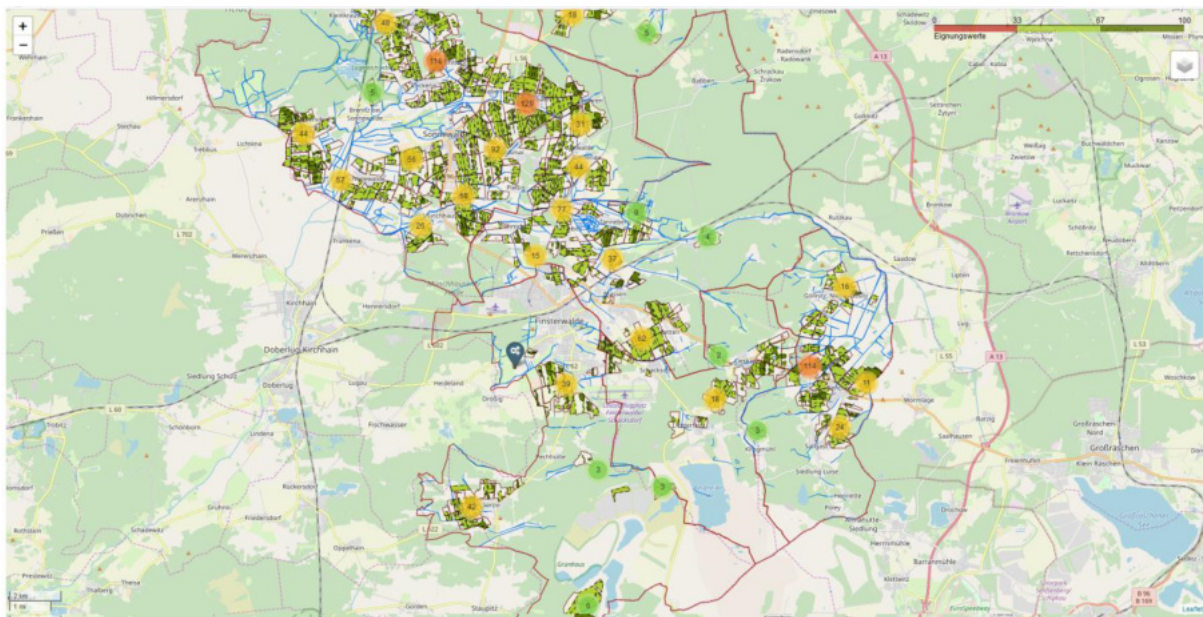


Abbildung 54: Bildschirmansicht des Webmapping-Moduls für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit einem räumlichen Überblick der Eignungswerte im Modellgebiet



Abbildung 55: Bildschirmansicht des Webmapping-Moduls für das Beispielszenario „Ressourcenschutz“ mit einer Beispielansicht für eine selektierte Fläche

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Dem Anwender obliegt eine hohe Entscheidungsfreiheit, welche Schutzgüter bei der Anlage von Agroforstsystemen berücksichtigt werden sollen. Flächenfilter, Managementoptionen und Schutzkriterien lassen sich in verschiedenen Szenarien flexibel und interaktiv darstellen, so dass das Flächenpotenzial und die Komplexität von ökologischen Wirkungen durch Agroforstsysteme in der Landschaft visualisiert werden können. Durch diese Möglichkeit können Entscheidungsprozesse mit verschiedenen Interessen und Zugängen zum Thema Landnutzung unterstützt werden. Der Szenarienprozess kann dabei partizipativ von den beteiligten Akteuren gestaltet und die Ergebnisse des Werkzeugs als Teil des Prozesses evaluiert werden. Die Ansicht und Bewertung der Ergebnisse kann auf drei räumlichen Ebenen (Modellgebiet, Gemeinden und Schlag/Flurstück) durchgeführt werden. Das Werkzeug bietet damit flexible Möglichkeiten, einen Szenarienprozess an die jeweiligen Vorgaben (z.B. Zeit, Vorkenntnisse, Interessenslagen) anzupassen.

Durch die Speicherung der Szenarienergebnisse in übliche Dateiformate für Geoinformationssysteme oder Tabellenkalkulationsprogramme lassen sich die Szenarienergebnisse auch im Nachgang zu Workshops o.ä. detailliert bearbeiten und flächengenau auswerten. Die Berechnungen auf Schlag- und Flurstückebene sind dabei praxisnah. Das Werkzeug META-AfS kann exemplarisch für das Modellgebiet der Innovationsgruppe AUFWERTEN angewendet werden, ist jedoch bei hinreichend verfügbaren Geodaten für Raumanalysen auch in beliebigen anderen Gebieten einsetzbar. META-AfS erlaubt somit Voruntersuchungen zu Flächenpotenzialen, Biomasseproduktion und ökologischen Wirkungen von Agroforstsystemen und kann beispielsweise von Verwaltungs- und Behördenvertretern, Landnutzern oder Planungsbüros genutzt werden.

Durch die zukünftige Einbindung einer ökonomischen Bewertung (Annuitätenkalkulation und Vergleich mit Referenzkulturen) kann bei einer künftigen Version der Nutzwert weiter erhöht werden.

LITERATUR

- Busch G. (2012): GIS-based Tools for Regional Assessments and Planning Processes Regarding Potential Environmental Effects of Poplar SRC. *BioEnergy Research*, 5(3), 584-605.
- Busch G. (2017): A spatial explicit scenario method to support participative regional land-use decisions regarding economic and ecological options of Short Rotation Coppice (SRC) for renewable energy production on arable land. Case study application for the Göttingen district, Germany. *Energy, Sustainability and Society* 2017 7:2.
- Busch G. (2019): Ermittlung des im Modellgebiet für Agroforstwirtschaft zur Verfügung stehenden Flächenpotentials unter Berücksichtigung der Grundwasserneubildung Dokumentation der Arbeitsschritte für die Sickerwasserratenberechnung im Projekt AUFWERTEN.
- Busch G. (2019): Using “BEAST” to support the local dialogue on lignocellulosic cropping for energy use, climate protection and sustaining ecosystem services. - Tool description and case study scenario application for the Göttingen district, Germany. IEA-Task43 Report (in press).
- Busch G., Thiele J.C. (2015): The Bio-Energy Allocation and Scenario Tool (BEAST) to assess options for the siting of short rotation coppice (SRC) in agricultural landscapes – Tool development and case study results from the Göttingen district. In: *Bioenergy from dendromass for the sustainable development of rural areas*, 23-44. Wiley, Dordrecht.
- DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit –Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. Berlin (Beuth)
- DIN 19708 (2005): Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Berlin (Beuth)
- Feldwisch N., Frede H., Hecker F. (1998): Verfahren zum Abschätzen der Erosions und Auswaschungsgefahr. In: Frede H., Dabbert S. (Hrsg.): *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Ecomed, Landsberg, 22–57
- Halbfaß S., Grunewald K. (2008): Ermittlung räumlich verteilter Sediment Delivery Ratio zur Modellierung von Sedimenteinträgen in Fließgewässer im mittleren Maßstab. *Wasserwirtschaft*, 3/2008 31-35
- Hübner R., Busch G., Tsonkova P., Böhm C. (2017): Development of a GIS-based decision support system for agroforestry and insights to its application, in 15th North American Agroforestry Conference – Agroforestry for a Vibrant Future: Connecting People, Creating Livelihoods, Sustaining Places, V. Harris, Editor. 2017: Blacksburg, VA, USA.
- Hübner R. (2016): Landscape metrics calculation as a tool to optimize the landscape aesthetics of new agroforestry systems?, in 3rd European Agroforestry Conference. 2016: Montpellier, France.
- Kanzler M., Böhm C., Mirck J., Schmitt D., Veste M. (2019): Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system. *Agroforestry Systems*, 93, 1821-1841, <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0289-4>
- Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.): (2004): Biotopkartierung Brandenburg – Band 1 Kartierungsanleitung und Anlagen, Potsdam.
- Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.): (2007): Biotopkartierung Brandenburg – Band 2 Beschreibung der Biotoptypen, Potsdam.

Müller U., Waldeck A. (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz: Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover, 418 S.