



PREPARAR EL SUELO PARA EL FUTURO

La recultivación de minas

A close-up photograph of a damselfly nymph resting on a vibrant green leaf. The nymph's body is slender and segmented, with a mix of brown and blue tones. Its long, thin legs are spread out on the leaf. The leaf has some small, reddish-purple spots. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural, outdoor setting.

”

The remediation of lignite mining sites is considered as one of the most successful projects of the environmental protection in Europe and contributes to the development of the regions.

*Dr. Uwe Steinhuber,
2017*

CONTENIDO

Introducción.....	4
Base legal para el recultivo	6
Recultivo: El gran desafío.....	7
Suelo – Restauración del hábitat.....	12
Recultivo agrícola.....	16
Recultivo forestal	18
Pesca.....	30
Construcción de caminos – Creación de conexiones	32
Áreas de renaturalización.....	34

A photograph of a misty forest. Tall, thin trees stand in a dense stand, with sunlight filtering through the canopy, creating a hazy, golden atmosphere. The ground is covered in green grass and fallen leaves. A dirt path is visible on the right side of the image.

**Hacer que los
paisajes vuelvan
a ser utilizables**

Los paisajes se crean y se transforman por la actividad humana y por los efectos de las fuerzas naturales. La explotación de recursos cambia constantemente el paisaje y sus características. Mientras que la extracción destruye lo existente, en el área explotada se crean cosas nuevas.

Sin embargo, la extracción de recursos no sólo cambia las áreas de minería a cielo abierto, sino también las zonas circundantes. Así, por ejemplo, un pueblo agrícola se convierte en un lugar periférico para la minería a cielo abierto y, finalmente, en un atractivo destino turístico con un puerto y una amplia gama de actividades de ocio. Estos desarrollos también afectan al uso de las tierras de labranza y prados existentes como terreno edificable, instalaciones deportivas, pastos para caballos y similares. Las minas de lignito a cielo abierto son intervenciones temporales, puntuales y masivas como resultado de las cuales los paisajes se desligan de su desarrollo histórico y pueden tomar nuevas direcciones en su desarrollo. La minería de lignito a cielo abierto no sólo cambia el paisaje, sino también la historia.

El recultivo de las minas es, por tanto, un instrumento de compensación de la intervención anterior, que queda compensada si no quedan deterioros significativos o posteriores del equilibrio natural tras su finalización y el paisaje se ha restaurado o rediseñado de forma adecuada al mismo.

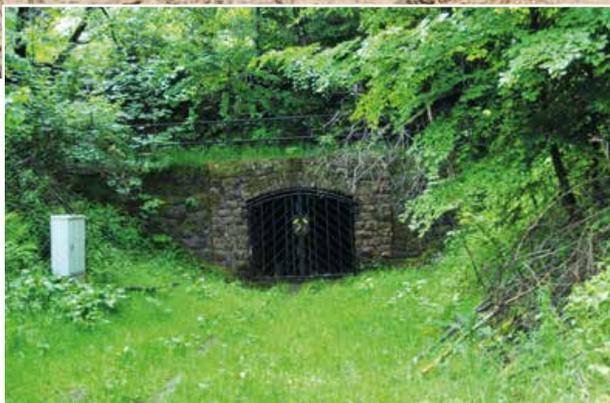
La base legal para la restauración de áreas degradadas por la minería del lignito es, además de la Ley Federal de Minería alemana y sus ordenanzas asociadas, los planes de restauración emprendidos por los estados (Länder) de Brandenburgo, Sajonia, Sajonia-Anhalt y Turingia.

Esta planificación regional, declarada vinculante en las resoluciones de los gabinetes de los respectivos parlamentos estatales (Landtage), fue desarrollada conjuntamente por los municipios, los distritos, las autoridades, asociaciones y la Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (Sociedad de gestión minera de Lusacia y Alemania Central, en adelante LMBV por sus siglas en alemán) como órgano responsable de la restauración. Estos planes de restauración definen los objetivos de los respectivos paisajes post-minería, los trabajos esenciales y los usos futuros y sus proporciones, por ejemplo, de superficies agrícolas, forestales y acuáticas, de áreas con prioridad de conservación de la naturaleza o también como zonas de desarrollo turístico.

Base legal para el recultivo



Una clase está buscando insectos en el área recultivado.



La LMBV describe detalladamente en sus planes operativos finales, de acuerdo con la Ley Federal de Minería, las etapas de trabajo necesarias, la tecnología a utilizar, el periodo de tiempo, así como los informes periciales y los requisitos legales necesarios.

Estos fueron aprobados por las autoridades mineras. No se trata de una descripción concluyente

de los trabajos necesarios, sino de un proceso abierto en el que fluyen nuevos conocimientos o incluso eventos que conducen a cambios y ajustes en el plan operativo final presentado.

La legislación medioambiental europea y alemana establecen el margen de acción para garantizar una adecuada reutilización en el interés público. Además, las directrices, normas y programas específicos de cada región en los que se definen las calidades del suelo, los objetivos silviculturales o los principios de gestión agrícola son importantes para la ejecución práctica del recultivo.

La LMBV tiene como objetivo implementar estos estándares en su trabajo práctico.



Recultivo:

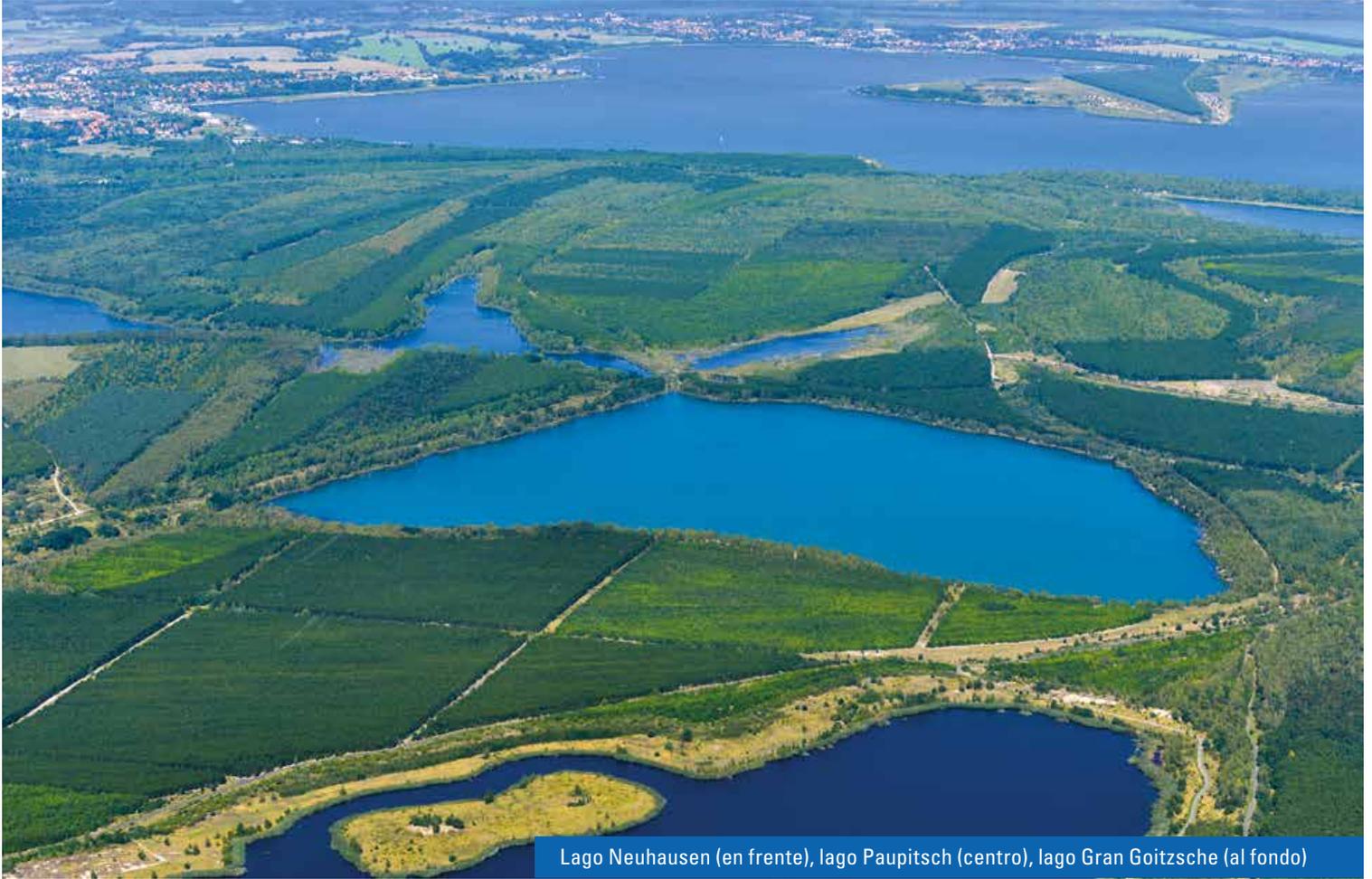
El gran desafío

El desafío para todas las partes involucradas es identificar los desarrollos sostenibles a largo plazo y alinear los objetivos del recultivo de las superficies terrestres con estos desarrollos.

Este es un proceso continuo, como resultado del cual los planes pueden adaptarse a los nuevos conocimientos. En Alemania se ha tratado hasta ahora una superficie de 178 819 hectáreas (DEBRIV 2018), de las cuales unas 106 800 hectáreas se encuentran en el área de responsabilidad de la LMBV. El déficit de recultivo exitoso al comienzo de la restauración a principios de 1991 era de unas 54 500 hectáreas. La tasa de recultivo de la LMBV es del 88 por ciento. Alrededor del 12 por ciento de las superficies terrestres aún tienen que ser desarrolladas prin-

cipalmente en bosques o en áreas prioritarias de conservación de la naturaleza. El equilibrio hídrico también se ha restablecido ya en más del 80 por ciento. Mediante la inundación de 120 excavaciones de minas a cielo abierto se han creado en una superficie de 28 568 hectáreas nuevos lagos con una amplia gama de posibilidades de utilización posterior, así como nuevos hábitats que no existían antes de la actividad minera. La LMBV coopera con numerosas instituciones científicas y socios de la industria en la implementación de sus tareas de recultivo. Se puede decir que la restauración del paisaje de las minas a cielo abierto de Alemania del Este en la minería de restauración es la mayor „obra paisajística“ de Europa.

LAS ZONAS DE EXTRACCIÓN DE LIGNITO



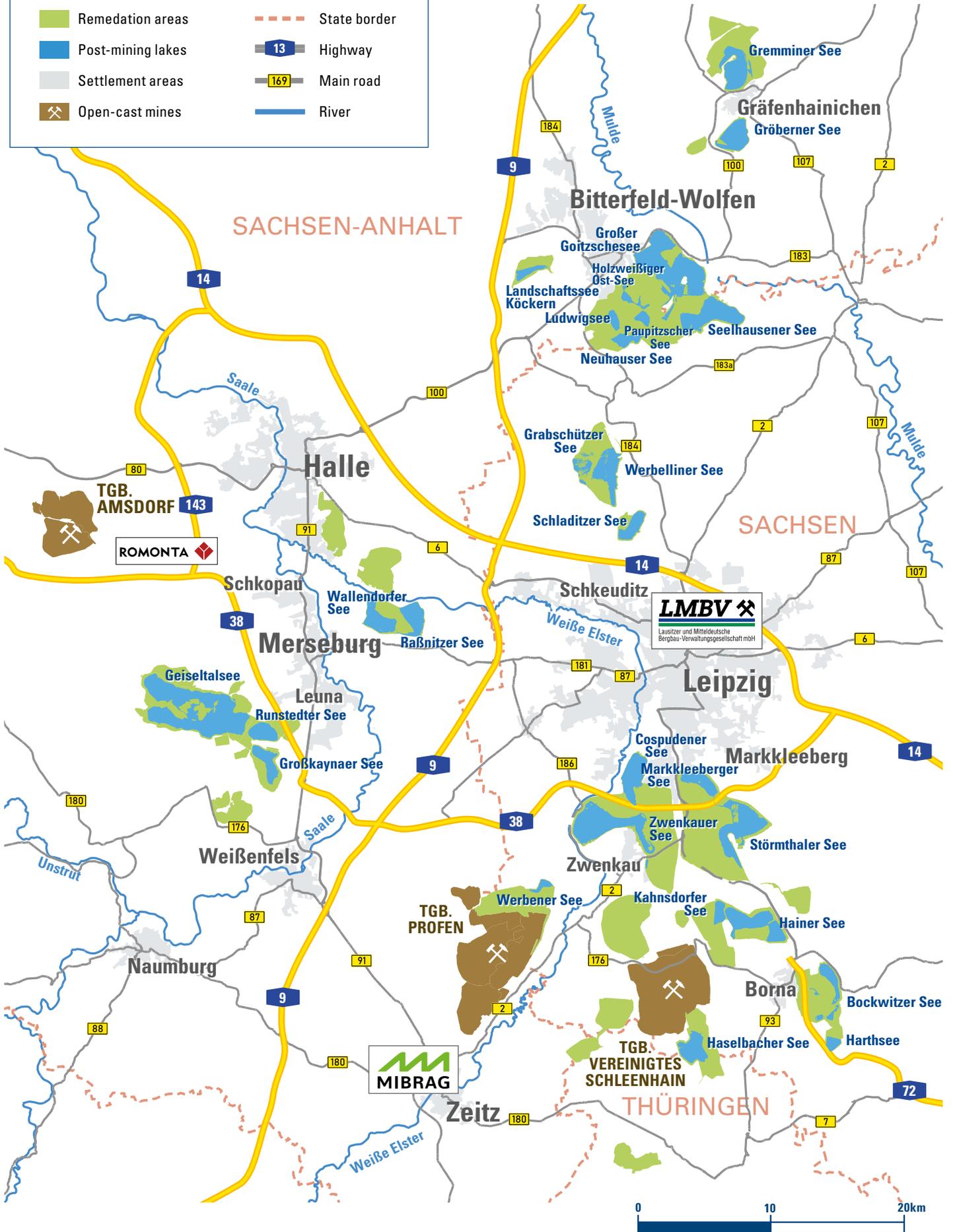
Lago Neuhausen (en frente), lago Paupitsch (centro), lago Gran Goitzsche (al fondo)

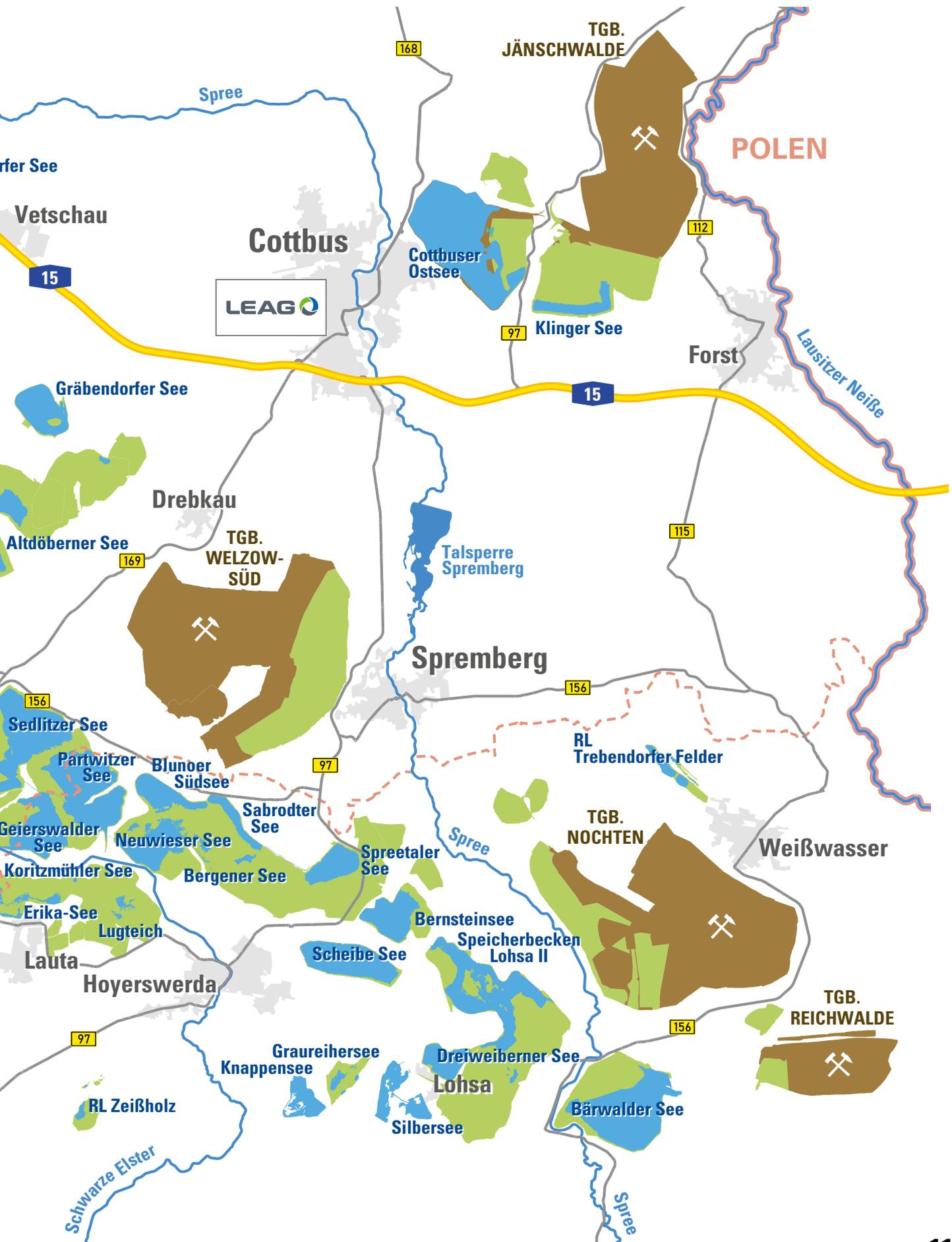
La recultivación de antiguos vertederos de potasa y minerales también forma parte de los tareas de la LMBV.



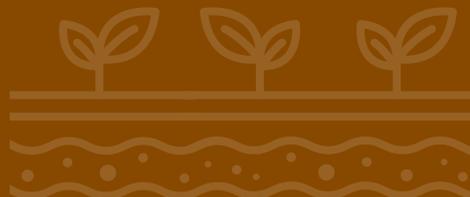
Alemania Central

	Remediation areas		State border
	Post-mining lakes		Highway
	Settlement areas		Main road
	Open-cast mines		River





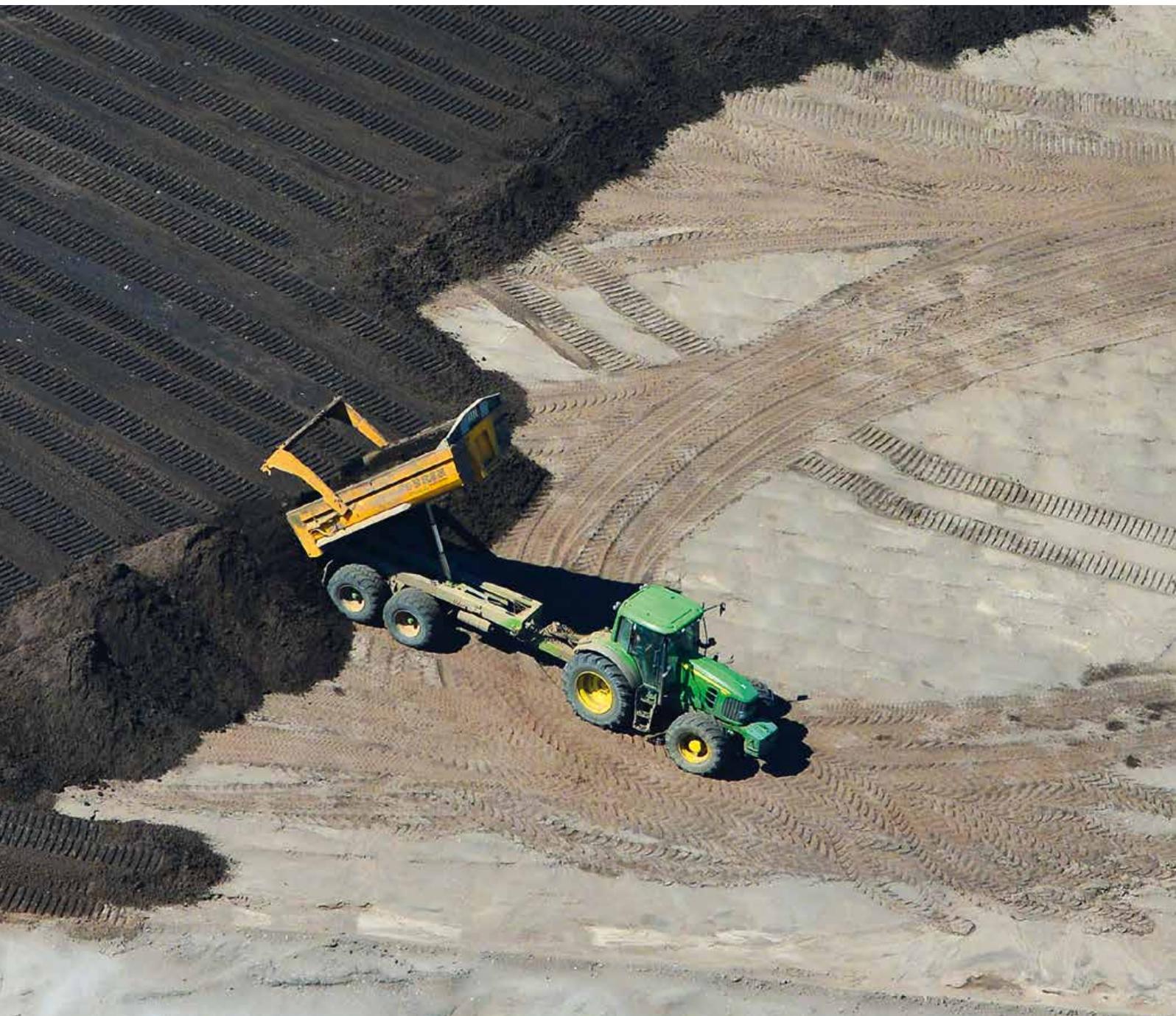
Suelo – Restauración del hábitat



La extracción de lignito en la minería a cielo abierto con grandes máquinas (puentes transportadores, cadenas de cangilones y excavadoras de rueda de cangilones) destruye el suelo natural.

La tecnología de vertido de los suelos practicada en el pasado, en su mayoría sin extracción y almacenamiento por separado de la capa superior del suelo, dio lugar a una mezcla de las diferentes capas geológicas. Los sustratos que se habían

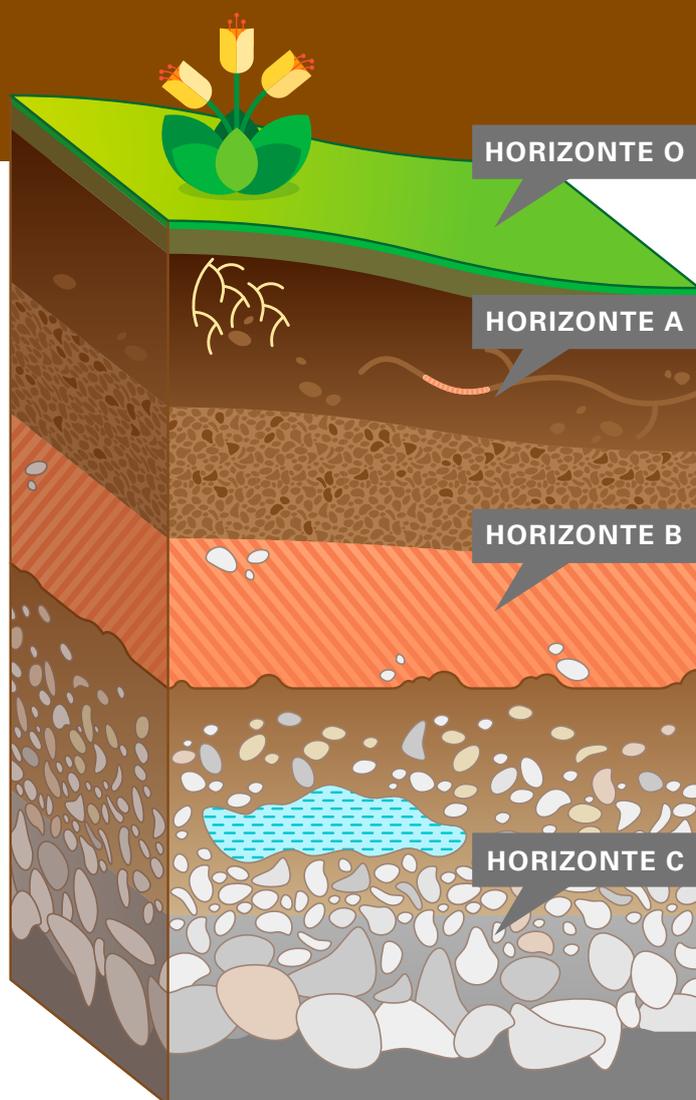
acumulado en las profundidades del subsuelo durante millones de años salieron a la superficie. Sin embargo, sus propiedades determinan la dirección y la velocidad de desarrollo del suelo, así como el potencial de rendimiento del suelo vertido. En las zonas de extracción de lignito de Lusia y Alemania Central, la capa superior del suelo enriquecida con humus está hecha principalmente de sustratos cuaternarios. Éstos se componen de arenas de agua de deshielo/de valle así como de arenas sílicas glaciales (Pleistoceno). A ellos le siguen poderosos sedimentos de cuenca terciarios



Tratamiento cuidadoso de aplicación en suelo en Schwarze Keute cerca Klettwitz, 2017.

de arenas, limos y arcillas que contienen carbón y azufre. Los vertederos y escombreras de las minas a cielo abierto de Lusacia están compuestos en un 90 por ciento de arenas y arenas limosas, mientras que en la zona minera de Alemania Central los sustratos de alta calidad del Pleistoceno, el loess de arena y el loess, así como el loess limoso, el loess aluvial y el limo aluvial ocupan grandes superficies. Se utilizan para producir superficies agrícolas. En el distrito minero de Lusacia, los sustratos terciarios y los sustratos mixtos de origen terciario y cuaternario, que forman la capa superior

en aproximadamente el 60 por ciento de las superficies de escombrera, tienen propiedades mucho peores. Una particularidad son las cenizas de las centrales eléctricas que se vierten o se lavan en las proximidades de las centrales eléctricas en una superficie de unas 1 100 hectáreas. Los suelos arenosos del cuaternario, como los de Lusacia, tienen una buena aireación y conductividad hidráulica gracias a su alto volumen de poros gruesos. Sin embargo, se deshidratan rápidamente y sólo pueden ligar los nutrientes de forma deficiente. Sus valores de pH son neutros a ligeramente ácidos.



- Capa superficial del horizonte A con lecho y humus
- Zona de lavado vertical con suelo rico en humus, capa superior del suelo rico en minerales con altas actividades biológicas
- Subsuelo rico en mineral en la zona de precipitado con procesos de desplazamiento
- Subsuelo rico en mineral en la zona de precipitado con procesos de enriquecimiento
- Subsuelo con roca madre, borde de la penetración de las raíces
- Subsuelo con roca madre

Los sustratos cohesivos cuaternarios de Alemania Central se caracterizan por sus elevadas reservas de minerales y nutrientes, sus buenos valores de pH y su gran capacidad de almacenamiento de agua. Por el contrario, los sustratos terciarios vertidos contienen componentes de carbón así como disulfuros de hierro (pirita, marcasita) que, al estar expuestos al aire y al agua, provocan una acidificación extrema ($\text{pH} < 2,5$) y una alta concentración de sales en el agua del suelo.

Los suelos afectados por la minería a cielo abierto se caracterizan por la falta de humus y nutrientes, la falta o baja actividad biológica del suelo y, a menudo, por la falta de capacidad de almacenamiento de agua. Por ello, las condiciones de partida para el crecimiento del nuevo paisaje son extremadamente desfavorables.

ESTABLECIMIENTO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

La restauración sostenible de la fertilidad del suelo y de las funciones del suelo como hábitat y lugar de producción son los principales objetivos de reclusivo. Es un largo camino que va desde el sustrato vertido hasta el suelo que cumple todas sus funciones. Aquí, el reclusivo constituye los primeros pasos hacia ese objetivo y determina la dirección a seguir. Los pasos siguientes son una gestión apropiada y un desarrollo del suelo sin perturbaciones. Gracias a ello se pueden generar buenos suelos incluso a partir de sustratos de partida difíciles. La cartografía geológica del suelo es el primer paso en este camino. Por encargo de la LMBV, peritos especializados determinan y evalúan los sustratos vertidos de cada superficie y definen los trabajos necesarios. Los procesos pueden variar



dependiendo de la función prevista como tierras agrícolas, bosques o para funciones especiales de conservación de la naturaleza. Los expertos de la LMBV convocan licitaciones para los servicios necesarios, que luego son implementados por empresas especializadas. Por lo general, son necesarios los siguientes trabajos: Con ayuda de cinceladores subsoladores o sistemas de descompactación de arado, aflojar la tierra compactada hasta una profundidad de 100 cm. Dependiendo del sustrato, la edad del vertido y el uso previo, tanto los sustratos cohesivos como los sustratos mixtos arenosos pueden tener densidades de almacenamiento muy altas. Esto provoca un deterioro de



Incorporación de cal mediante un cultivador rotario.

las propiedades físicas del suelo. A esto le sigue la mejora de la tierra con cal natural de efecto a largo plazo. La cal, diferenciada según los informes de los expertos, se aplica en varias fases de trabajo hasta una profundidad de 100 centímetros. Fresadoras de profundidad de gran peso arrastradas por potentes tractores se encargan de realizar esta tarea. Se necesitan entre 4 y más de 600 toneladas de marga cálcica finamente molida por hectárea. La fertilización de profundidad con los importantes nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio se realiza normalmente en dos intervenciones. La primera se aplica superficialmente en el suelo con gradas de disco. La segunda intervención tiene

lugar más tarde, cuando una primera cubierta vegetal puede absorber y procesar los nutrientes. La posterior plantación de la superficie con hierbas seleccionadas, leguminosas, altramuces o alfalfa cubre el suelo, inicia la formación de humus y liga los nutrientes introducidos en las plantas.

Al mismo tiempo, la plantación evita las emisiones de polvo en las localidades de los alrededores. Los certificados de calidad geológica del suelo determinan el éxito de la medida de mejora después de seis meses como mínimo. Si el objetivo no se ha alcanzado todavía, se toman las medidas adecuadas. La LMBV ha desarrollado instrucciones de trabajo vinculantes, tanto para los informes iniciales como para las pruebas de calidad, en cooperación con instituciones científicas, expertos, autoridades mineras y empresas mineras activas.

FUNCIÓN DEL SUELO (BIOLOGICO)

Función del hábitat natural

- Hábitat natural para plantas, animales, suelo, organismo y humanos

Regulación y función de buffer

- Regulación de agua y ciclo de materiales
- Buffer
- Filtración y depósito

Función de producción

- Base de vida
- Potencial para la producción de biomasa (alimentos, alimentación animal, energías renovables)

Recultivo agrícola – Sinergias fructíferas entre los humanos y la naturaleza



Giralesos en un sitio recultivado

El uso de la tierra por la minería priva a la agricultura de una parte considerable de su base de producción. Por este motivo, la restauración de las áreas correspondientes forma parte del proceso de la actividad minera.

Su uso como lugar de producción agrícola competitivo plantea exigencias especialmente elevadas al sustrato del suelo y a todo el proceso de recultivo. Sólo se pueden utilizar los sustratos de suelo más valiosos. Las arcillas sílicas, las arenas vertidas y arenas francosas, así como los limos y las arcillas son especialmente adecuados como capas finales. Para asegurar la fertilidad de la capa arable del sue-

lo a medio plazo, la cobertura debe ser de al menos un metro. Como los sustratos de suelo suelen tener buenos valores de pH, raramente es necesaria la mejora del suelo con cal. Por otro lado, la tendencia a la compactación dañina del suelo aumenta considerablemente. El éxito del recultivo agrícola se ve influido decisivamente por la aplicación de tierra por una máquina grande de minería a cielo abierto (esparcidora) desde una altura baja, la menor cantidad de pasadas posibles para la nivelación y la preparación de la superficie y varios años de cultivo conservador del suelo durante la fase de recultivo. El objetivo es conseguir una compacidad de entre 1,5 y 1,6 gramos por centímetro cúbico y un volumen de poros gruesos de al menos el 8 por

ciento. La ubicación, el tamaño, la forma del área y el relieve son otros aspectos decisivos para el uso agrícola de las escombreras. Una superficie ligeramente ondulada con una pendiente de al menos un 0,5 a un máximo de un 7 por ciento asegura la circulación de las aguas superficiales al agua receptora sin riesgo de erosión y cumple con los requisitos para el mecanizado de las escombreras. Entre los campos de 20 a 30 hectáreas se integran franjas de bosque para reducir la erosión eólica, la evaporación y para desarrollar la productividad potencial del suelo y una red de biotopos con las áreas mineras a cielo abierto circundantes.

El enriquecimiento de humus, el desarrollo de la estructura del suelo y de la vida del mismo y la circulación de los nutrientes necesarios es un proceso que dura muchos años. El cultivo alternado de ciertas gramíneas (ryegrass, cereales de invierno) y leguminosas como la alfalfa y el altramuz han demostrado ser eficaces en los suelos jóvenes. Tal rotación de cultivos de recultivo dura entre siete y quince años, dependiendo de la ubicación. El cultivo posterior de frutos de campo, semillas oleaginosas y maíz permite la obtención de rendimientos y un mayor desarrollo del suelo. Las áreas agrícolas bien recultivadas son, como mínimo, equivalentes a las del paisaje circundante. Sin embargo, se necesitan de dos a tres décadas para que alcancen su potencial de rendimiento completo.

Como Lusacia ya tiene por naturaleza los suelos más pobres en comparación con la zona de extracción de lignito de Alemania Central, existe un déficit de aproximadamente 8 000 hectáreas entre la recuperación y el uso de las tierras agrícolas. En Alemania Central, la relación está aproximadamente equilibrada. Los nuevos desarrollos en la producción de materias primas para la recuperación de energía, como las superficies para aerogeneradores y módulos solares, han hecho que aumente de nuevo la demanda de suelos abiertos económicamente aprovechables. Mientras que lo anterior se aplica, en principio, al cultivo de materias primas, en los demás casos la tierra sólo se

necesita como área de contacto y no por su potencial de producción. En consecuencia, las ubicaciones agrícolas más pobres también se pueden beneficiar de estos usos.



Bueyes en una superficie agrícola recultivada cerca de Leipzig



Viña en los IBA Terrazas, antiguo mina Meuro

Fotografía aérea tomada de un cultivo de colza



Recultivo forestal – Una ventaja para la silvicultura y biodiversidad



En las zonas mineras de lignito del este de Alemania, el recultivo forestal juega un papel clave en el desarrollo del paisaje postminería.

Sobre todo por su función de compensación ecológica y su influencia en la calidad de las aguas subterráneas, los campos de escombrera que se están restaurando en la actualidad están contribuyendo de manera significativa a la revitalización del área natural y cultural que ha sido gravemente degradada por la extracción minera de materias primas.

La cuota de bosque en la zona minera de Alemania Central, dominada por la agricultura, representa alrededor del 40 por ciento del área de recultivo. En la ciudad de Lausitz, menos poblada y menos industrializada, la recuperación forestal alcanza unas 30 000 hectáreas, es decir, el 60 por ciento de la superficie de retorno.

REFORESTACIONES HOY EN DÍA

En las escombreras de la minería de lignito a cielo abierto, especialmente en las minas a cielo abierto o en las áreas de minería a cielo abierto que se



Repoblación forestal en un antiguo sitio de minería

cerraron hasta 1999, la primera reforestación se considera difícil debido a la muy baja disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio), la extendida inactividad biológica y la falta de materia orgánica disponible en los suelos crudos. Los procesos de los ecosistemas, como la renovación de los nutrientes, se desarrollan sólo muy lentamente. El desarrollo de las plantas jóvenes de cultivo se ve obstaculizado inicialmente. Debido a la fuerte acidificación y a la intensa meteorización de silicatos, los sustratos terciarios que contienen azufre, predominantes en el distrito minero de Lusacia,

son extremadamente hostiles para la vegetación y están expuestos a la erosión. La mezcla de capas cuaternarias y terciarias de diferente textura o química conlleva a menudo una heterogeneidad de sustratos a pequeña escala, lo que complica aún más la reforestación.

PLANIFICACIÓN DE LA REFORESTACIÓN

Los tipos de uso determinados en la planificación de la restauración constituyen la base para el futuro diseño de la superficie y el desarrollo del paisaje, es decir, la distribución de los principales usos

posteriores, agricultura, bosques, áreas de renaturalización, aguas, carreteras y caminos, así como áreas para el desarrollo comercial y otras edificaciones. Esto está asociado a objetivos relacionados con el uso, por ejemplo, sobre la calidad del suelo de las tierras agrícolas o el horizonte de sustratos en el que puedan crecer raíces de las futuras zonas forestales. El recultivo forestal asegura que las futuras áreas forestales permitan un desarrollo sostenible y a largo plazo de la fertilidad del suelo, que cumplan su función protectora y recuperadora y que puedan ser utilizadas de forma rentable. Las especies arbóreas se seleccionan por tanto en función de la ubicación, con una alta proporción de maderas duras y una gran diversidad ecológica. Se debe dar preferencia a las especies arbóreas autóctonas y, en función de las condiciones locales, evitar los rodales puros. En caso de necesidad, los

complejos forestales monoestructurados existentes se despejan mediante medidas de conversión adecuadas. Además, los linderos de los bosques se deben diseñar de forma específica y su estructura debe cumplir con los requisitos de protección contra incendios y de las redes de biotopos. La imagen siguiente ilustra los principales factores de ubicación, operacionales y legales que influyen en la toma de decisiones en materia de silvicultura. Para las zonas que se van a plantar se elaboran planes de plantación y se coordinan con las autoridades forestales responsables. Por norma general, la LMBV adjudica los trabajos de recultivo a empresas especializadas mediante concurso público. Los contratos de servicios de recultivo definen todas las actividades relacionadas con la reforestación (adquisición, entrega de plántones, plantación), las técnicas de trabajo (procedimientos de plantación)

PLANIFICACIÓN DE LA REFORESTACIÓN





Plantación de árboles en el canal 12



Plántulas de pino

y el equipo a utilizar en relación con las medidas y los plazos. Se dan especificaciones sobre la calidad de la planta o la semilla (surtidos, edad de la planta, origen) y la protección de los cultivos. Un componente central de los contratos de recultivo son los planes de plantación elaborados. Tras más de 100 superficies valladas existentes en las regiones de Alemania Central y Lusacia, se ha derivado un esquema practicable para la selección de especies arbóreas apropiadas para el lugar, lo cual fundamenta ecológicamente la clasificación del suelo de la escombrera. Desde el punto de vista ecológico y con el fin de minimizar el riesgo operativo, se suele tender a los rodales mixtos, en los que el margen

de diseño silvícola aumenta con el incremento de la capacidad trófica y de almacenamiento de agua.

Plantación

El papel más importante en el recultivo reside en la plantación de rodales. Debido a las difíciles condiciones del sustrato, a la posible falta de la mejora del suelo y al clima de los espacios abiertos con su intensa evaporación, las pérdidas de rodales durante la fase de crecimiento ascienden a alrededor del 10 al 40 por ciento del número inicial de plantas. Además, se produce una depresión inicial del crecimiento de los cultivos („shock de trasplante“), especialmente de las especies de árboles de semisombra y de sombra. Sólo a partir del tercer o incluso cuarto año de después de la plantación se constata un aumento relevante de la altura. Hasta el establecimiento del rodal, el desarrollo de la altura se mantiene por detrás del de los rodales de reforestación comparables en la zona de minería a cielo abierto. En comparación con los bosques maduros, los objetivos similares de cultivo y producción requieren hasta un 25 por ciento más de plantación. Según la práctica de recultivo probada, se seleccionan espacios entre plantas de 2,0/1,8 x 1,0 metros a 1,5 x 0,7 metros o 2,0/1,8 x 0,5/0,6 metros. Por regla general, se utilizan surtidos de plantas comerciales (Edad 1+0, 2+0 o 20/40 y 30/50 cm) de material de reproducción aprobado y seleccionado o probado del área de origen regional. La plantación de otoño (noviembre/diciembre) ha demostrado ser más ventajosa para los árboles caducifolios que la plantación de primavera, debido al riesgo de heladas tardías y frecuentes sequías primaverales en las escombreras expuestas. La plantación se realiza generalmente de forma mecánica. La plantación manual, considerablemente más costosa, se lleva a cabo en escombreras no transitables, tales como taludes empinados, zonas de ribera y en el caso de se tomen medidas especiales de pequeña escala (protección eólica, protección contra la erosión,



Reforestación en Neuberzdorfer Höhe, antigua mina de lignito a cielo abierto Berzdorf, 2008

plantación en el lindero del bosque). Si se plantan especies arbóreas mixtas, el número de árboles indicado debe adaptarse a las proporciones de la mezcla en la zona. La mezcla de especies arbóreas principales y secundarias se basa en el área potencial de copa de los árboles listos para ser cosechados y, por lo tanto, se lleva a cabo en grupos o conjuntos de árboles. Por razones de organización del trabajo y control de los resultados, en la práctica del recultivo se suele preferir la mezcla en línea. El aliso rojo o álamo, especies arbóreas de rápido crecimiento, se utilizan a menudo en un conjunto de 4 x 4 o 6 x 6 metros como sustituto de las pantallas, especialmente en los rodales de roble. Su hojarasca fácilmente degradable acelera el desarrollo del suelo. Además, la asimilación del nitrógeno atmosférico del aliso favorece el crecimiento del bosque. Especialmente en los sitios de riqueza media a alta, el cocultivo del aliso rojo da como resultado una estructuración del rodal más fuerte y una autodiferenciación. También puede ser favorable el trasplante de abedules, sauces y pinos como pantalla preforestal.

Siembra

Para el establecimiento de bosques pioneros de pino y abedul es adecuado el establecimiento artificial de rodales por siembra. Esto se aplica en particular a las zonas de escombreras de difícil acceso, como zonas de ribera, depresiones y sistemas de taludes inclinados. Sin embargo, hay aspectos del procedimiento de licitación (siembra con cubierta de nieve y garantía de nieve en el momento de la ejecución), control y garantía, así como requisitos de tiempo (momento de la siembra) que impiden la siembra. Los suelos crudos libres de vegetación, especialmente las arenas de bajo valor nutritivo y baja adsorción, son especialmente adecuados para la siembra. Por otro lado, en las escombreras que son favorables para la colonización, la siembra se ve sobrecrecida a menudo por la competencia de las hierbas altas (calamagrostis/rodales de calamagrostis) u otras hierbas (trébol oloroso). La época ideal para la siembra es a principios de la primavera como cubierta de nieve. La nieve que se funde asegura que las semillas ligeras de pino y abedul se adhieran y sean lavadas en la capa cultivable

saturada de agua. Para conseguir rodales sueltos, la cantidad de semilla con una capacidad de germinación media es de entre 15 y 30 kilogramos por hectárea. Se requieren hasta 40 kilogramos por hectárea para arenas vertidas de secado rápido y para lograr bosques pioneros densos; es posible una mezcla con semillas de pino (0,5-1 kg/ha). En los rodales más antiguos, el roble fresnal y el roble albar pueden establecerse más tarde de forma económica mediante la siembra de arrendajo en los rodales inclinados; para ello, en instalaciones

SETOS DE RAMAJE Y BARRERAS DE TOCONES



El ramaje de las copas de los árboles y los tocones de raíz aparecen a menudo durante los preparativos para la restauración de la madera. De ello resulta una forma rápida y económica de crear barreras de ramaje y de tocones. Como elementos de diseño de los linderos del bosque, estructuran el paisaje y unen los diferentes biotopos de la escombrera (pasaderas, red de biotopos). Los primeros colonizadores son plantas ruderales nitrófilas muy extendidas, como el saúco negro o la zarzamora, pero también la robinia. Aunque los setos barrera normalmente sólo reverdecen con pocas especies de árboles o arbustos y con retardo, ofrecen protección inmediata a pequeños mamíferos, aves, reptiles e insectos.

Barreras de Tocones en Meuro



CALVEROS DE POCA SUPERFICIE

Absteniéndose de reparar cada pérdida de plantación de poca superficie, se crean áreas de descampado dentro de los rodales forestales que sirven de hábitat para varias especies animales. Dentro de la zona del lindero del bosque, las superficies sin plantación dan una cierta irregularidad a la imagen del bosque y, por lo tanto, naturalidad. Sin embargo, los calveros sólo pueden ser tolerados en la medida en que no pongan en peligro las funciones y objetivos forestales.



Mosca episyrrhus balteatus

especiales se ofrecen bellotas a esta especie de pájaro, que se convierte en el principal diseminador a larga distancia. Con el fin de establecer rodales forestales en pendientes más pronunciadas, se rocían semillas de abedul en las mismas. Las semillas de las especies arbóreas utilizadas deben cumplir con las recomendaciones de la zona de origen.

REFORESTACIÓN NATURAL

En la delimitación de las áreas de renaturalización (áreas prioritarias de conservación de la naturaleza), las áreas forestales planificadas también pueden ser objeto de reforestación natural. Esta es sin



Al abubilla (*upupa epops*) le gusta vivir en los paisajes recuperados.

duda la forma más económica de establecimiento del rodal. Sin embargo, debe transcurrir un largo periodo de tiempo hasta que dichas áreas adquieran las características de los bosques de acuerdo con las leyes forestales estatales y alcancen el objetivo de restauración estipulado. Además, si sólo se establecieran bosques a través de la sucesión, se desperdiciaría un valioso potencial de ubicación para las exigentes especies de caducifolios.

El pronóstico de las secuencias de sucesión requiere un conocimiento detallado de los factores abióticos de ubicación y de las interacciones ecológicas. De todos modos, esto sigue estando sujeto a la incertidumbre. Para establecer el rodal, primero debe comprobarse si las ubicaciones son adecuadas para la silvicultura. Las zonas destinadas a la forestación por sucesión siempre deben estar mejoradas con cal a una profundidad suficiente.

A menudo, ya en la fase inicial de la sucesión se sabe si las plantas leñosas podrán establecerse a largo plazo junto con las hierbas y los pastos. Así, bajo ciertas circunstancias, la contención de las hierbas altas puede bloquear el desarrollo del bosque durante décadas. Como „preparadores del sitio“, las especies arbóreas pioneras y preforestales como el pino, el abedul y el álamo juegan un papel clave en la secuencia de sucesión natural al bosque. También la competitiva robinia está ocupando cada vez más espacio. El autoasentamiento comienza en la fase de suelo crudo joven y alcanza su punto máximo en la fase de matorral y preforestal. Dependiendo de las condiciones del lugar, el abedul trasplantado puede fructificar a lo 5 a 15 años y puede iniciar más impulsos asentamiento. Además, el aporte de la diáspora de las aves con un desarrollo poblacional avanzado es



cada vez más importante. En las zonas que tienen como objetivo una estructura de edad diversa y un rodal variado, como las zonas de lindero de bosque con una función recuperadora importante, el pro-

ZONAS DE SATURACIÓN HÍDRICA O ZONAS ARENOSAS CON Poca VEGETACIÓN



Las áreas de superficie anegada aparecen a menudo después de que los vehículos de construcción hayan pasado sobre suelos crudos cohesivos. Los sustratos que contienen arcilla de vasija con contenidos de arcilla de más del 40 por ciento en volumen también tienen una fuerte tendencia a la anegación. Estas áreas están excluidas de la plantación debido a las difíciles condiciones del lugar, y pueden estar rodeadas de pastos de arbustos y árboles. Las zonas arenosas con poca vegetación se forman a su vez sobre sustratos de escombrera con contenido de ácido sulfúrico como resultado de una mejora insuficiente con cal. Debido a su distribución en forma de mosaico y a su reducida superficie, sólo se pueden mejorar posteriormente con un esfuerzo desproporcionado. Por lo tanto, permanecen como ubicaciones de suelo crudo de alto valor ecológico y son un hábitat preferido para los insectos colonizadores del suelo.

Zonas de arena en la reserve natural Grünhaus



ceso de plantación se complementa con especies arbóreas intermedias y de clímax. Bajo la pantalla suelta de los bosques pioneros de abedul/álamo, las semillas destinadas al lugar del roble albar y del roble fresnal, del fresno común, del carpe, del haya roja, pero también de especies arbustivas autóctonas como el espino amarillo, el árbol del huso y el espino blanco, pueden desarrollar un crecimiento comparativamente vigoroso. Cuanto más lejos se encuentren las zonas a forestar en dirección a las escombreras interiores, más baja puede ser la proporción de rodales de sucesión. La distancia a los donantes de la diáspora más cercanos es decisiva. Las distancias de más de un kilómetro apenas permiten un aporte suficiente de semillas. Para las zonas forestales a crear no deben planificarse funciones especiales de protección de rápido establecimiento, como el control de inmisiones, el control de la erosión o la protección visual.

Conservación integrada de la naturaleza y el paisaje

No hay duda de que la silvicultura adaptada al lugar es una forma de gestión forestal muy cercana a la naturaleza. Además, en el curso del recultivo forestal se aportan al paisaje de la escombrera otros elementos que favorecen la conservación de la naturaleza a un costo adicional relativamente bajo. Los bloques y las piedras depositadas por los glaciares durante épocas glaciales ya se recogen y depositan durante los trabajos de minería en curso. Durante la nivelación y mejora básica de las escombreras también se producen grandes cantidades sílicas. Mediante la creación de bloques erráticos o cúmulos de piedras, se pueden integrar biotopos especiales en una etapa temprana en las áreas de reforestación, que en un principio todavía son pobres en estructura. Proporcionan refugio y hábitat para muchos pequeños mamíferos y reptiles amantes del calor, de modo que se acelera el reasentamiento de los grandes complejos de escombreras.

CREAR LOS BORDES DEL BOSQUE



Diseño de los linderos del bosque

Los linderos forestales escalonados y estructurados sirven para mejorar la estructura del bosque, su estética (función recuperadora), para la protección de las especies y los biotopos (red de biotopos), como protección contra el viento y la erosión y, en última instancia, también para reducir el riesgo de incendios forestales. Hay que distinguir entre las lindes exteriores (delimitación para otro tipo de uso) y las lindes interiores del bosque. Las primeras conectan los bosques en las escombreras con las áreas agrícolas o de renaturalización circundantes o las lindes de las minas a cielo abierto. De esta manera, se evitan las demarcaciones bruscas y se busca un entrelazado armonioso de los ecotonos. La plantación de los linderos exteriores del bosque se realiza con arbustos, seguidos de árboles de segundo y primer orden hacia el interior. Su anchura puede ser de hasta 50 metros en

la dirección principal del viento. Por el contrario, los linderos interiores del bosque son mucho más estrechos. Siguen los caminos y sendas existentes como fajas de bosque de una a varias hileras. Debido al predominio de escombreras de baja adsorción, las especies autóctonas de rosas y sauces silvestres, el ciruelo silvestre y el espino blanco han demostrado ser especialmente adecuadas para la creación de linderos de bosques. Entre los árboles frutales, la pera silvestre presenta la mayor adaptabilidad. El espino amarillo se considera un garante fiable del crecimiento en los lugares más pobres. Sin embargo, su rápida propagación a través de los estolones y los pájaros hace que su mantenimiento sea costoso, por lo que ya no se utiliza en el recultivo de la minería de restauración. Las plantaciones en los linderos de los bosques suelen requerir la colocación de vallas contra los daños causados por las especies de caza, lo que inevitablemente da lu-



gar a formas desfavorables del área encerrada por las vallas. Las cercas forestales no deben impedir el paso de animales salvajes, por lo que cada 100 a 150 metros se deja un hueco en la valla sin plantación de uno a diez metros de ancho. Aquí se tiene en cuenta el paso de animales salvajes.

MEDIDAS DE CUIDADO

La ley forestal exige que la gestión forestal de las áreas recultivadas se lleve a cabo con todas las medidas de cuidado que sirvan para asegurar los cultivos y para el desarrollo de los rodales. Las intervenciones deben promover la vitalidad y la estabilidad y deben asegurar que las expectativas de rendimiento se adapten al lugar.

Regulación de flora huésped

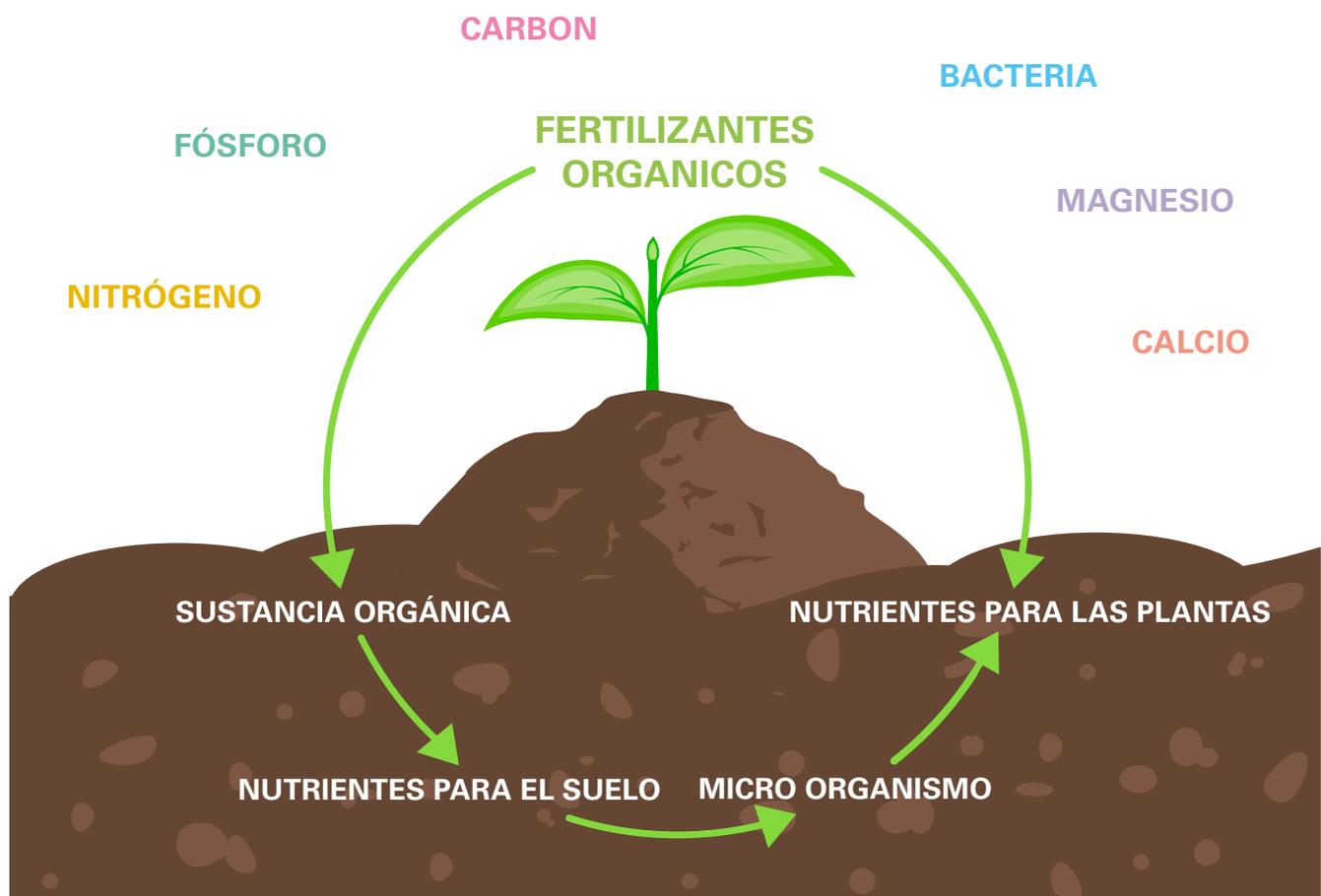
El principal objetivo de los cuidados durante la fase de crecimiento es la regulación de la flora huésped, es decir, la liberación de las plantas leñosas me-

dante la reducción de hierbas y pastos no deseados. En particular, la contención de las hierbas altas (por ejemplo, el ryegrass) y las plantas herbáceas, como el trébol oloroso, requieren intervenciones de control. El grado de cuidado requerido varía dependiendo de la calidad del lugar, el espectro de especies de vegetación del suelo, las especies arbóreas utilizadas, el surtido de plantas y las condiciones climáticas del año en que se cuidan los árboles. En general, las especies arbóreas tolerantes a la sombra resultan ser menos sensibles a la presión competitiva de la vegetación del suelo que las especies arbóreas tolerantes al sol como el roble y el pino. La intensidad de los cuidados también depende de la calidad del lugar.

Medidas de fertilización

Independientemente de su situación geológica, los suelos brutos de escombrera se caracterizan por tener unos niveles muy bajos de nutrientes

CICLO DE NUTRIENTES





Un cachorro de lobo (*canis lupus*)



Un zorro (*vulpes vulpes*)



Un conejo (*lepus europaeus*) limpiándose

disponibles para las plantas, especialmente nitrógeno (N) y fósforo (P). Además de las condiciones críticas de reacción y las deficiencias estructurales, es principalmente la insuficiente disponibilidad de nitrógeno lo que inhibe el crecimiento de las plantas. Por lo general, una mejora duradera del estado nutricional sólo puede lograrse repitiendo la administración de N dos o tres veces después de una interrupción de uno a tres años. Con la conclusión del espesamiento, se iguala la situación nutricional de los rodales no fertilizados y tratados. Esto se atribuye al establecimiento de ciclos de vida material ecosistémicos. Las entradas de nutrientes atmosféricos aceleran este proceso. En casos excepcionales, puede ser necesaria una fertilización suplementaria dirigida. Antes de esto, el suministro de nutrientes se evalúa por medio de análisis representativos de hojas o agujas.

PROTECCIÓN DE LOS BOSQUES

Las leyes forestales de los estados federales obligan al propietario del bosque a tomar medidas preventivas y de control para proteger el bosque. Esto significa que el desarrollo del bosque en las áreas de recultivo también debe ser asegurado en conformidad con la ubicación y función del bosque. En el sentido clásico, esto incluye todas las medidas para la monitorización, pronóstico, prevención y lucha contra los factores dañinos abióticos y bióticos, especialmente la prevención de los daños causados por las especies de caza. El daño causado por las especies de caza es uno de los tipos de daño más comunes a las plantas de cultivo. Dado que el uso de surtidos de plantas más pequeñas ha demostrado tener éxito para la reforestación de escombreras y el crecimiento se retrasa a menudo en los primeros años después de la plantación en comparación con los cultivos maduros, los valiosos cultivos de madera dura deben ser provistos de cercas de protección frente a especies de caza. Con el fin de permitir un control eficaz de las cercas para evitar daños y la intrusión de especies



de caza, la superficie de las áreas forestales cercadas no debe exceder las cinco hectáreas. Los métodos alternativos de protección individual, como el uso de agentes químicos de protección contra las mordeduras, son considerablemente más costosos después de sólo unos años de uso (especialmente con un elevado número de plantas iniciales). El uso de postes de robinia o de acero

galvanizado y de una red anudada, cuyo grosor de alambre varía según la especie de caza presente, resultó ser un buen material para el cercado. La distancia entre los postes es de unos 5 metros, la altura de la cerca desde el borde del suelo es de al menos 1,6 metros para el corzo y 1,8 metros para el ciervo. La cerca se hunde a 20 centímetros de profundidad en el suelo.



Mientras que los insectos dañinos y los hongos juegan un papel secundario en la fase de recultivo, los ratones en particular pueden amenazar los rodales de roble. Las medidas preventivas contra la infestación de ratones incluyen la monitorización constante del área, la protección individual de las plan-

taciones de maderas duras valiosas y el fomento de los enemigos naturales, por ejemplo mediante posaderos para rapaces. Si el objetivo operacional está en peligro, una aplicación encubierta de rodenticidas en las estaciones de cebo es inevitable. La lucha contra insectos forestales dañinos sólo es necesaria en casos excepcionales. Así, los

cultivos de pino más jóvenes son ocasionalmente atacados por el *brachyderes incanus* o por la falsa oruga del pino. A pesar de la pérdida de una cosecha entera de agujas, la experiencia demuestra que los pinos se recuperan en los años siguientes, por lo que el control químico suele ser innecesario.

OTROS FACTORES BIÓTICOS PERJUDICIALES

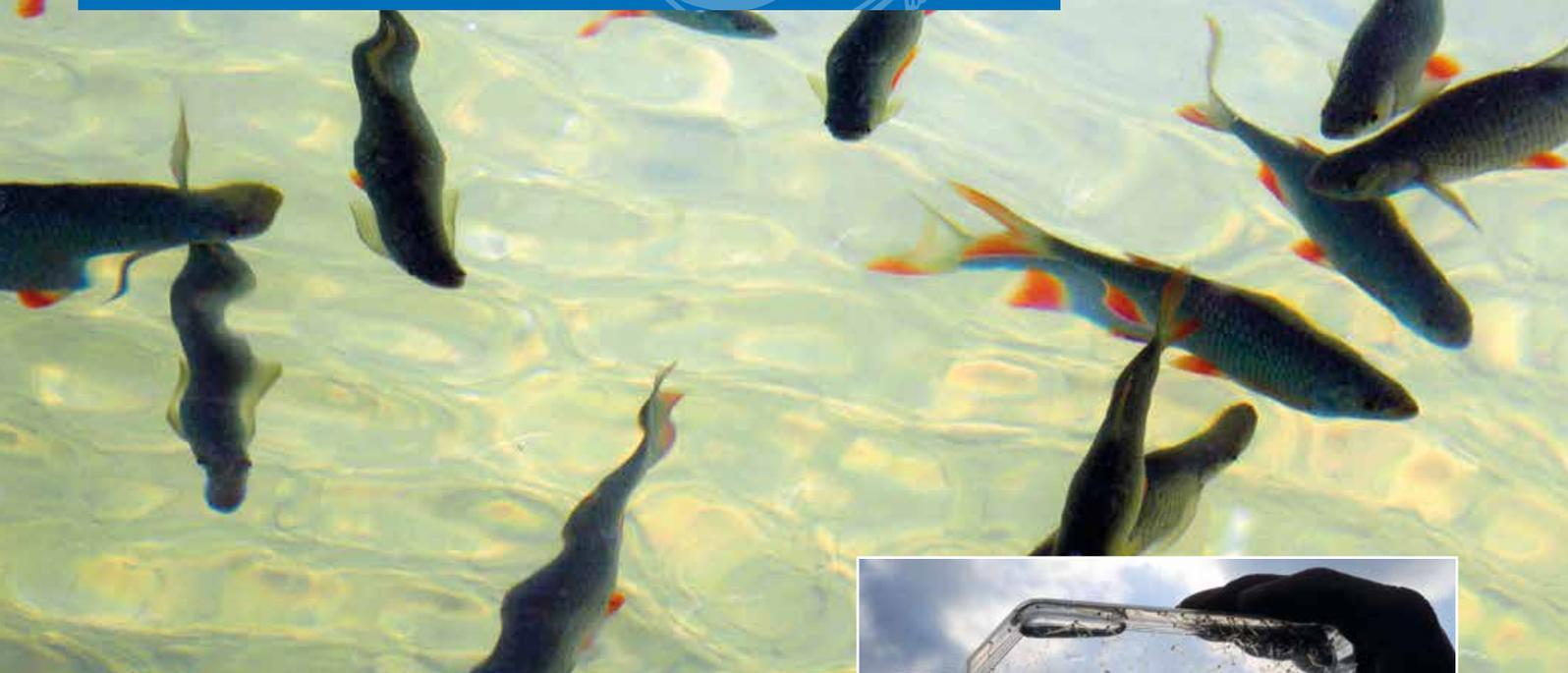
FACTORES NOCIVOS ABIÓTICOS

Debido a la situación expuesta de las tierras abiertas, los cultivos forestales están particularmente expuestos a condiciones climáticas como tormentas, heladas o sequías. La introducción de una cubierta vegetal protectora puede mitigar tales extremos microclimáticos y acelerar la formación de humus y del suelo. Esto favorece el desarrollo de plantas leñosas, por lo que se consiguen efectos similares mediante el cultivo generalizado de especies arbóreas pioneras (álamo, aliso).

Por otra parte, el riesgo de incendios forestales en las escombreras es significativamente menor que en los bosques de pino, a veces muy herbáceos, de la zona minera a cielo abierto. Esto se puede atribuir principalmente a la mayor proporción de madera de frondosas, a las favorables estructuras de los rodales y a un diseño optimizado de los linderos del bosque. También se crearán y mantendrán sistemáticamente estanques contra incendios en las futuras zonas forestales. Los estanques de

láminas tienen zonas de aguas poco profundas más allá de su cercado, que sirven tanto como bebederos para los animales salvajes, como de aguas de desove. A ello se añaden puntos de toma de agua para la extinción de incendios fortificados en las aguas creadas del paisaje post-minería. Es indispensable una estrecha coordinación con los distritos o los cuerpos de bomberos locales responsables de la protección general contra incendios.

Pesca – Un nuevo biotopo también bajo el agua



Escardino en el lago Partwitz

La LMBV, como propietaria de las nuevas zonas acuáticas en el paisaje post-minería, es la titular de los derechos de pesca.

Por lo tanto, es responsable de la obligación de gestión de la pesca de acuerdo con las leyes de pesca de los Länder. Los requisitos para el cumplimiento de la obligación de gestión son un nivel de agua final aproximadamente alcanzado de las aguas, un valor mínimo de pH del agua de 5,5, así como zonas de ribera aseguradas a las que se pueda acceder sin peligro. Los peces entran en las aguas a través de las aguas de inun-



Cría de corégono

(coregonus albula) antes de insertarlos en el lago Gräbendorf

dación de los ríos circundantes y a través de las aves acuáticas. Los valores de pH superiores a 5,5 son el requisito previo más importante para el desarrollo de comunidades de especies de peces que estén cerca de las condiciones naturales y permitan la pesca en lagos creados a partir de la extracción de lignito a cielo abierto. Para la mayoría de las especies de peces, los valores de pH más bajos provocan restricciones en



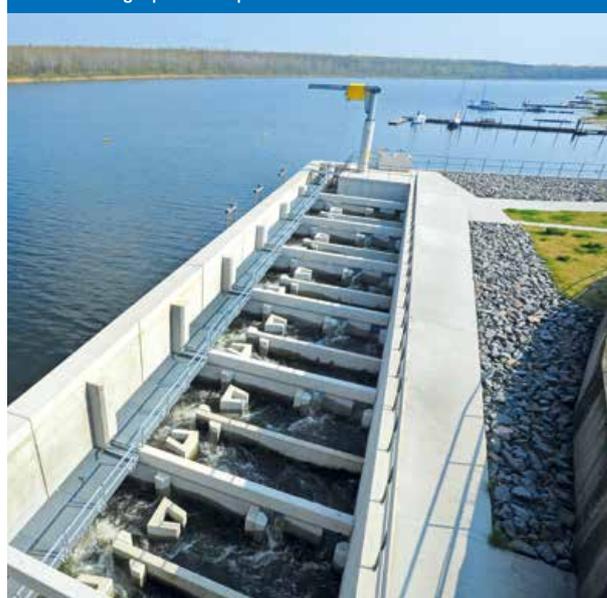
ESPECIES DE PECES EN EL PAISAJE POST-MINERÍA

ENGLISH NAME	SCIENTIFIC NAME
Common bream	<i>Abramis brama</i>
Siberian sturgeon	<i>Acipenser baeri</i>
Bleak	<i>Alburnus alburnus</i>
Common bullhead	<i>Ameiurus nebulosus</i>
Eel	<i>Anguilla anguilla</i>
Asp	<i>Aspius aspius</i>
Stone loach	<i>Barbatula barbatula</i>
White / Silver bream	<i>Blicca bjoerkna</i>
Crucian carp	<i>Carassius carassius</i>
Prussian carp	<i>Carassius gibelio</i>
Spined loach	<i>Cobitis taenia</i>
Vendace	<i>Coregonus albula</i>
Vendace	<i>Coregonus sp.</i>
Common carp	<i>Cyprinus carpio</i>
Pike	<i>Esox lucius</i>
Threespine stickleback	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
Gudgeon	<i>Gobio gobio</i>
Pope / Ruffe	<i>Gymnocephalus cemus</i>
Pond perch / Common sunfish	<i>Lepomis gibbosus</i>
Belica / Moderlieschen	<i>Leucaspis delineatus</i>
Ide / Orfe	<i>Leuciscus idus</i>
Dace	<i>Leuciscus leuciscus</i>
Chub	<i>Leuciscus cephalus</i>
Rainbow trout	<i>Onchorhynchus mykiss</i>
Perch	<i>Perca fluviatilis</i>
European bitterling	<i>Rhodeus amarus</i>
Common roach	<i>Rutilus rutilus</i>
Brown trout	<i>Salmo trutta</i>
Pike-perch	<i>Sander leucioperca</i>
Rudd	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>
Sheatfish /Wels catfish	<i>Silurus glanis</i>
Doctor fish	<i>Tinca tinca</i>

32 especies de peces

su reproducción, el deterioro de las condiciones de crecimiento y, en última instancia, la muerte. Las diferentes especies y grupos de edad de los peces se diferencian entre sí por su tolerancia a la acidez. La LMBV encarga informes de pesca a instituciones especializadas para las nuevas aguas. Se crea un modelo faunístico y pesquero para las aguas respectivas y se establece la obligación de gestión derivada de la LMBV o de sus usuarios subsecuentes. La determinación de estos modelos constituye una base importante para todas las medidas ulteriores de desarrollo de las poblaciones de peces y para el futuro uso de la pesca. Las especies de peces principales que no pueden entrar en las aguas por sí mismas son introducidas por la LMBV como población inicial con el fin de preparar las aguas para la gestión de la pesca. Los puentes de transferencia (entrada y salida) construidos para inundar los lagos de residuos mineros conectan dos tipos diferentes de aguas: el sistema fluvial y el sistema lacustre. En ellos viven diferentes especies de peces y animales alimento de peces. Para permitir que las especies de peces migratorios, como las anguilas o las truchas, que se encuentran en ambos tipos de aguas, pasen por los sistemas de transferencia artificiales, se están construyendo escaleras para peces en determinados puntos.

Vías de fuga para los peces en el embalse Mulde



Construcción de caminos – Creación de conexiones



Camino de servicio en el área recultivado de la mina lignite a cielo abierto Nochten

La gestión, la protección y el uso restaurador, especialmente de las áreas de recultivo agrícola y forestal, requieren la construcción de caminos agrícolas. Estos tienen la tarea de:

- permitir que las operaciones de tráfico y transporte necesarias para la gestión se lleven a cabo de manera económica,
- estructurar las superficies,
- conectar puestos de almacenamiento de productos y materiales,

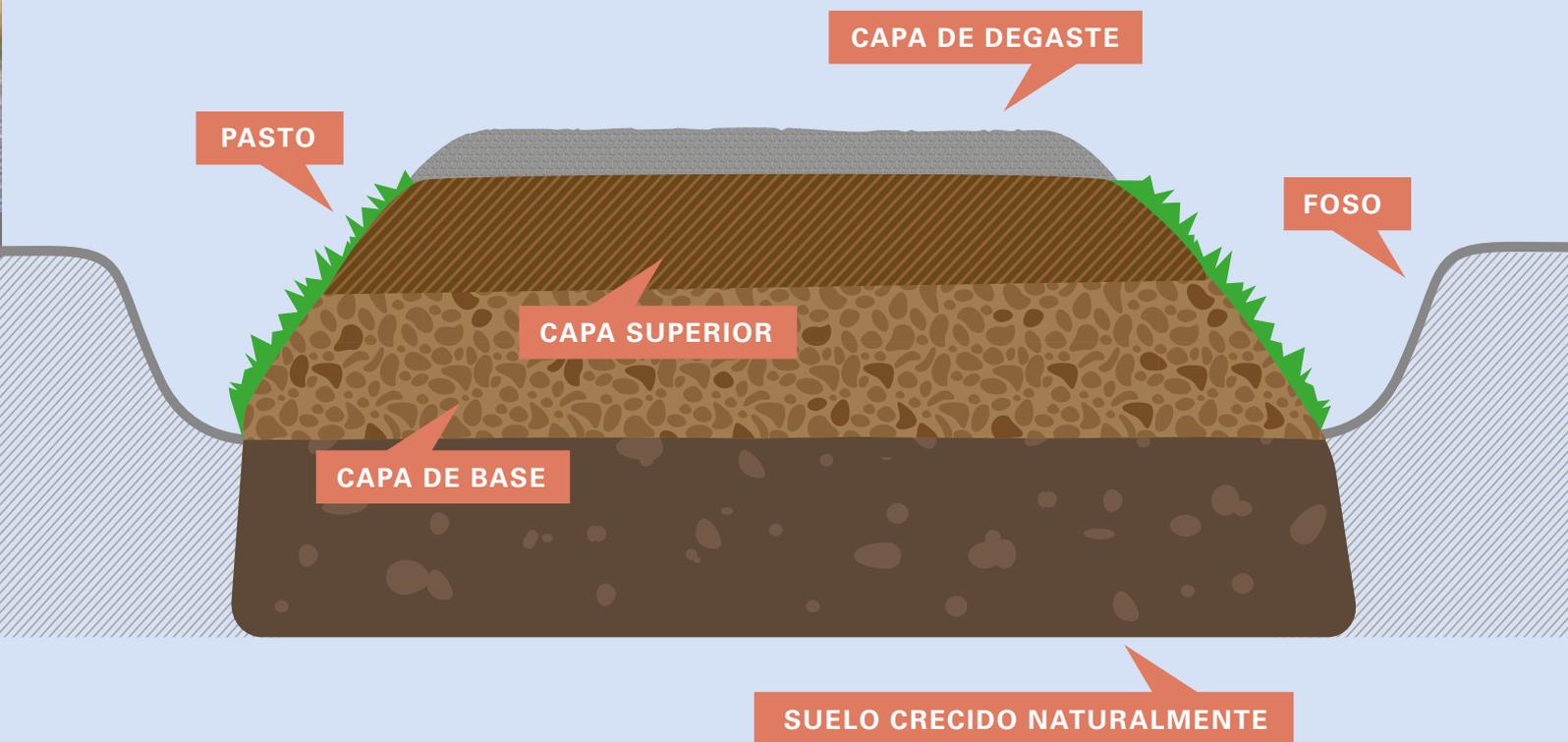
- dirigir el tráfico recreativo no motorizado,
- la protección de los bosques y, en particular, la lucha rápida y eficaz contra los incendios forestales, y
- permitir las operaciones de rescate.

El desarrollo se perfila por medio de carreteras económicas principales pavimentadas y accesibles para camiones con conexión a la red vial existente. La red vial existente se ampliará aún más a medida que avance el proceso de recultivo. El objetivo es lograr un alto grado de desarrollo con la menor

longitud de camino posible. Se considera suficiente una densidad de caminos de 15 metros lineales por hectárea para las zonas de escombreras, en su mayoría planas o ligeramente inclinadas. Teniendo en cuenta las respectivas formas de gestión y las condiciones del paisaje, el trazado se realiza de la forma más paralela posible. Esto garantiza un desarrollo óptimo del área. De este modo, pueden integrarse en el trazado puntos distintivos del terreno o condiciones previas a la explotación minera, como antiguas zonas de asentamiento. La anchura de la calzada suele ser de 3,0 o 3,5 metros con apartaderos a suficiente distancia. Esto corresponde a una anchura total de 4,5 a 5,5 metros, teniendo en cuenta los arcones no transitables. En el caso de sustratos de suelo altamente cohesivos con tendencia a la anegación, la estabilización del sustrato debe llevarse a cabo con láminas, esteras de fibra o material aglutinante.

La superestructura se compone de una capa de base, una capa asfáltica y una capa de desgaste. Un método de construcción estándar con una capa de base compuesta de una mezcla de grava, arena gruesa y arena de machaqueo ha demostrado ser óptimo para las escombreras. El drenaje se realiza mediante la pendiente transversal correspondiente en el perfil de doble pendiente o de pendiente con un cinco por ciento y zanjas trapezoidales, rectangulares o triangulares a ambos lados. Las zanjas se interrumpen aproximadamente cada 50 metros para permitir la infiltración del agua. Este método de construcción está diseñado para la gestión con una baja carga de tráfico. Es el más adecuado para un uso multifuncional de los caminos y, al mismo tiempo, es respetuoso con el medio ambiente. El mantenimiento de los caminos se limita, bajo un uso normal, a la remoción de la calzada cada uno o dos años.

CONSTRICCIÓN DE CAMINOS





Potencial de desarrollo de los paisajes post-minería

ÁREAS DE RENATURALIZACIÓN

En la planificación de restauración de los Länder, las „zonas de renaturalización“ son zonas prioritarias de conservación de la naturaleza, junto con la agricultura y la silvicultura tradicionales, con un tipo de uso del suelo independiente. Esto ha creado una base decisiva para la restauración.

Debido a la amplia ocupación del suelo por parte de las grandes minas a cielo abierto y a los cambios infraestructurales asociados, las áreas posteriores de la minería de lignito a cielo abierto suelen ser muy grandes, no están fragmentadas y provocan pocas molestias.

Los sustratos de vertido, en su mayoría pobres en nutrientes, contrastan con el entorno de la minería a cielo abierto, que se caracteriza por la progresiva fragmentación del paisaje y los extensos procesos de eutrofización. Esto también se aplica a grandes áreas de Alemania y Europa Central. En los ecosistemas de escombreras jóvenes, especialmente el descenso de las aguas subterráneas y/o los valores de pH a veces extremadamente bajos de los sustratos terciarios tienen un efecto selectivo en la composición de las especies. Debido a estos factores de ubicación independientes, las escombreras y las pilas representan ecosistemas con baja presión competitiva en las primeras fases de colonización, que son colonizadas principalmente por especialistas.

La casualidad y los llamados „efectos del first-comer“ son factores de colonización importantes en este caso. Debido a la heterogeneidad de los sustratos de escombreras y a las grandes y pequeñas estructuras técnicamente condicionadas de la minería de restauración, como canales de vertido, vertederos, depresiones del terreno y canales de erosión, las áreas subsiguientes con sus elementos paisajísticos cambiantes presentan un alto potencial de desarrollo para una gran diversidad biológica, así como una marcada singularidad y una belleza extraña. Los ecosistemas jóvenes están sometidos a una alta dinámica durante su desarrollo, la cual se mantiene durante largos periodos de tiempo en los lugares con procesos geo-morfológicos continuos.



Pasto en la reserva natural Grünhaus



Un muro de madera muerta en el area recultivado de la antigua mina lignito a cielo abierto Nochten

BIOTOPOS VALIOSOS

Los biotopos en el paisaje post-minería que son valiosos desde el punto de vista de la conservación de la naturaleza son el resultado de condiciones geomorfológicas especiales. Los bancos escarpados, las demoliciones, las áreas de suelo crudo o las aguas pequeñas en forma de estanque son productos de la casualidad de la antigua actividad minera. En el curso de la sucesión natural, en sitios adecuados y en presencia de biotopos de suministro en las cercanías, se pueden formar muy rápidamente corredores pioneros de hierba plateada y césped xerófilo arenoso, iniciales de hierba seca, juncos, matorral de prado y bosques pioneros con abedules o pinos.

A medio y largo plazo, es posible el desarrollo de pantanos, ciénagas, ciperáceas, eriales y bosques mixtos caducifolios. En lugares especiales, por ejemplo, se pueden desarrollar juncos enanos en caso de que los niveles de agua sean cambiantes o, en el caso de altos niveles de salinidad geológicamente condicionados, depósitos interiores de sal. En la región de Alemania Central, tampoco son raras las aguas ricas en macrófitos, algunas con abundantes asprellas. En la Baja Lusacia, en cambio, dominan las aguas extremadamente ácidas con juncus bulbosus y cañas. Las particularidades del desarrollo de los biotopos se satisfacen con claves de tipo de biotopo desarrolladas específicamente para los paisajes post-minería.



Colonia de golondrina (riparia riparia)

La planta *helichrysum areanarium* en el Bergener Höhe



BIODIVERSIDAD

Los potenciales de las especies no están ligados exclusivamente al desarrollo de sus correspondientes espacios vitales en sentido estricto (hábitats), sino también a los potenciales del paisaje a nivel ecológico. Sólo las características de „gran superficie“ y „no fragmentación“ de los nuevos ecosistemas de escombrera garantizan el bajo nivel de molestias que muchas especies animales requieren para su reproducción (por ejemplo, nidos de suelo o de juncos).

Los pantanos y las ciénagas de bajo contenido en nutrientes proporcionan un hábitat para las especies de orquídeas y otros especialistas del pantano durante un periodo de tiempo más lar-

go, principalmente porque las áreas adyacentes también son también muy bajas en nutrientes y, por lo tanto, actúan como un eficaz atenuador natural del entorno. Estas y otras especies de plantas competitivamente débiles son particularmente sensibles a la competencia por la luz. Las posibilidades de germinación y establecimiento se mejoran para las especies cuyas semillas tienen poco o ningún tejido nutritivo debido a la baja producción de biomasa y a los sitios ricos en luz asociados. Además, suelen tener formas de crecimiento bajas, de modo que incluso como plantas completamente desarrolladas tienen mejores oportunidades de desarrollo que en el paisaje circundante, que a menudo se ca-



El escribano cerillo („*Emberiza citrinella*“) en la antigua mina de lignite a cielo abierto Zeiðholz.

Cichorium intybus con una mosca *episyrrhus balteatus*



racteriza por la eutrofización. Estas especies disponen además de diásporas muy voladoras.

La gran superficie de las minas a cielo abierto y la permeabilidad al viento de los paisajes abiertos aumenta a su vez la probabilidad de que estas especies lleguen realmente a las zonas mineras a cielo abierto. Tras una evaluación geotécnica y en coordinación con las autoridades mineras, la LMBV permite procesos geomorfológicos, por ejemplo, procesos de demolición y erosión. Como resultado, se crean constantemente nuevas ubicaciones de suelo crudo para especialistas, como la tijereta de arena o el saltamontes de alas azules. Para su ciclo completo de vida y

reproducción, muchas especies animales necesitan hábitats de estructura diversa (cotos de caza, zonas de cría, áreas de invernación, etc.), que se crean en el curso de la sucesión natural en las escombreras por la heterogeneidad de los sustratos y de las ubicaciones, así como a los eventos aleatorios durante el proceso de colonización. Si estos mosaicos de biotopos están formados por terrenos abiertos, matorrales y etapas preforestales o áreas de ribera de diversa estructuración con interrupciones en la extensión correspondiente, numerosas especies animales, que se han vuelto raras en el paisaje cultivado circundante, pueden establecer aquí poblaciones estables.



Una rana en la antigua mina a cielo abierto Seese-West



Calliptamus italicus en la antigua mina a cielo abierto
Schlabendorf-Süd, Wanninchen



Sucesión en la antigua mina a cielo abierto Seese-Ost 2006

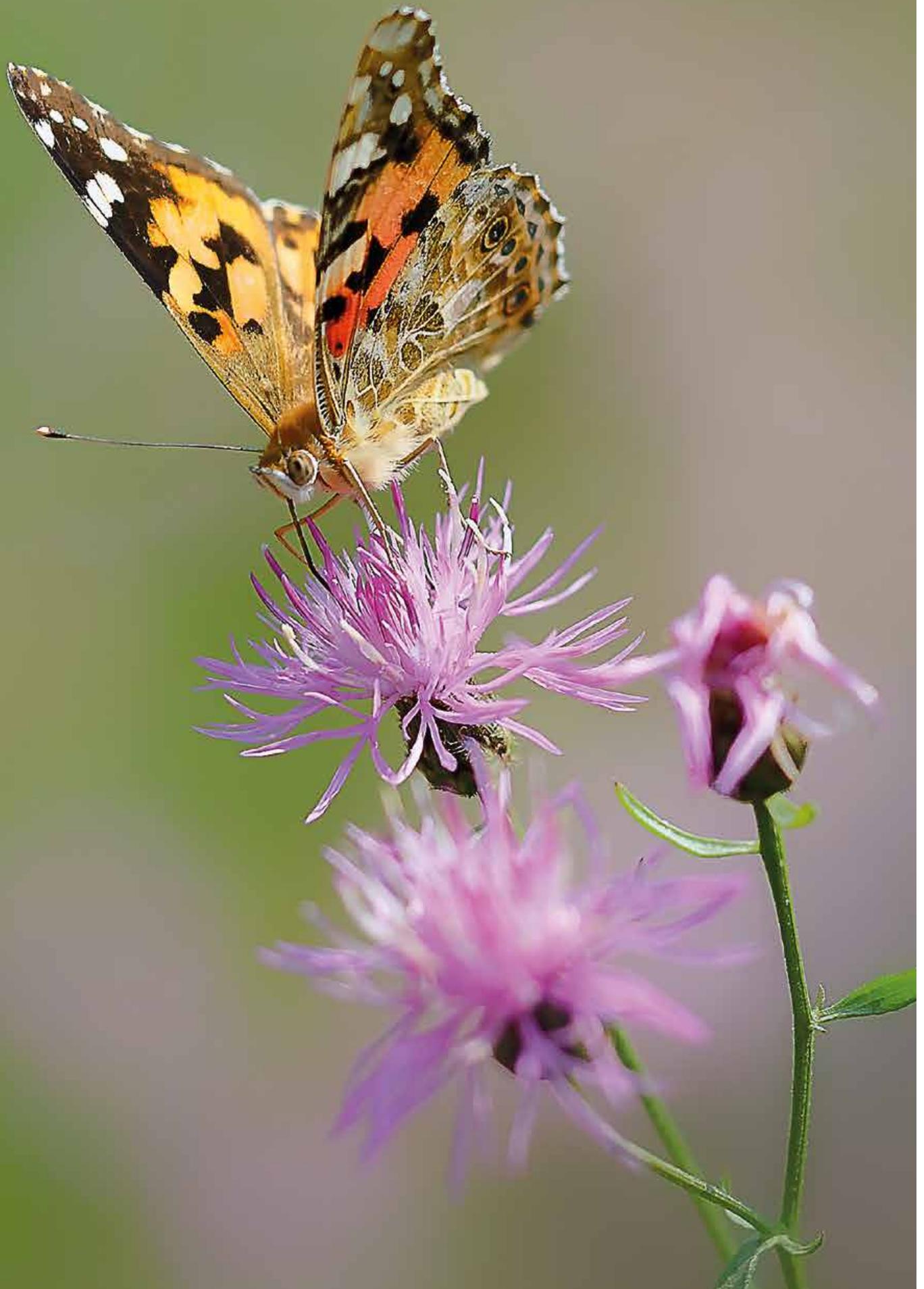
INMIGRACIÓN DE ESPECIES ANIMALES

Las áreas de sucesión más antiguas son áreas de acumulación de especies vegetales, que se introducen gradualmente en las zonas mineras desde una mayor distancia por medio de la propagación a larga distancia y de eventos excepcionales. Estas especies pueden entonces colonizar más rápidamente las áreas vecinas más jóvenes. El proceso de colonización sucesiva se ve favorecido por un mosaico de ubicaciones de diferente capacidad de colonización. Los sustratos vertidos o las mezclas de sustratos de diferentes periodos geológicos contribuyen de manera significativa a ello. La diversidad de relieve puede favorecer adicionalmente el desarrollo de estructuras de vegetación tipo mosaico. Los sitios fácilmente colonizables, como las depresiones del terreno o los sustratos cuaternarios, actúan como áreas de acumulación y suministran biotopos para procesos de colonización posteriores en los sitios limítrofes, como las áreas muy secas (por ejemplo, las laderas meridionales) o los sustratos terciarios muy ácidos.

La inmigración de especies animales depende más de la interconexión del paisaje post-minería con los biotopos de abastecimiento en el área de la mina a cielo abierto. Especialmente en el caso de grupos de especies animales que no son muy móviles, las minas a cielo abierto a menudo sólo muestran a medio plazo un espectro parcial de especies del paisaje circundante no fragmentado.

ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

Las áreas prioritarias para la conservación de la naturaleza deben tener, sobre todo, la mayor proporción posible de áreas de sucesión primaria con una pronunciada diversidad estructural típica de la minería. A diferencia de las zonas forestales, las zonas de renaturalización no se suelen encalar ni fertilizar. Aquí, en el momento de la terminación de la supervisión de la minería, no debe haber ninguna posibilidad o características de uso económico según las leyes forestales de los Länder. Si no se producen emisiones de polvo de la zona para





Un Milano real (*limvus milvus*) en la antigua area de minería

las zonas residenciales circundantes, también se prescinde de la plantación en favor de los procesos de sucesión primaria. Por este motivo, siempre que es posible tales sitios no se indican en las inmediaciones de los asentamientos o destinos turísticos. Sin embargo, si todavía se debe plantar, se siembra una composición de césped de las especies de festuca que forman tallo con un máximo de 2 a 5 gramos de semilla por metro cuadrado para no acelerar o incluso falsear los procesos sucesivos. Para ello, sin embargo, el valor de pH de la capa superior del suelo (aprox. 20 centímetros) debe ser elevado al menos a 4,0 mediante un encalado ligero. En ensayos prácticos, algunos de los cuales se llevaron a cabo en grandes áreas, se desarrollaron con éxito césped xerófilo arenoso, eriales, hierba seca y prados frescos en el marco de la restauración en áreas prioritarias de conservación de la naturaleza. Estos biotopos de tierras abiertas pueden establecerse mediante los métodos de llenado de tepes, reubicación de tepes, aplicación de material de siega así como de cultivos de cobertura. Para poder mantener a largo plazo las particularidades ecológicas del paisaje de „no fragmentación“, „bajo nivel de molestias“

y „deficiencia de nutrientes“ y para minimizar los efectos marginales, se requieren áreas prioritarias suficientemente grandes y contiguas para la conservación de la naturaleza de al menos 400 hectáreas, pero si es posible más de 2 000 hectáreas. Además, sólo las áreas suficientemente grandes con sitios que puedan ser colonizados de diferentes maneras pueden proporcionar un refugio continuo para las especies que son débiles frente a la competencia.

Estos extensos mosaicos de biotopos son también hábitats importantes para muchas especies animales con áreas de actividad más grandes y demandas diferenciadas en las estructuras de los hábitats (por ejemplo, hábitats de alimentación y reproducción estructuralmente diferenciados para las aves de presa). Además, en áreas protegidas más grandes, las poblaciones están generalmente sujetas a un menor riesgo de extinción por eventos accidentales. En caso de que se designen áreas más pequeñas, se deben desarrollar conceptos para amortiguarlas contra la entrada de nutrientes y las molestias, así como conceptos de gestión fundamentados para la conservación de



las especies, ya que los hábitats pueden perderse con el progreso de la sucesión y, debido al reducido tamaño de las áreas, apenas ofrecen lugares alternativos. Si las áreas también se utilizan para el turismo no destructivo, la gestión estratégica de los visitantes es de gran importancia.

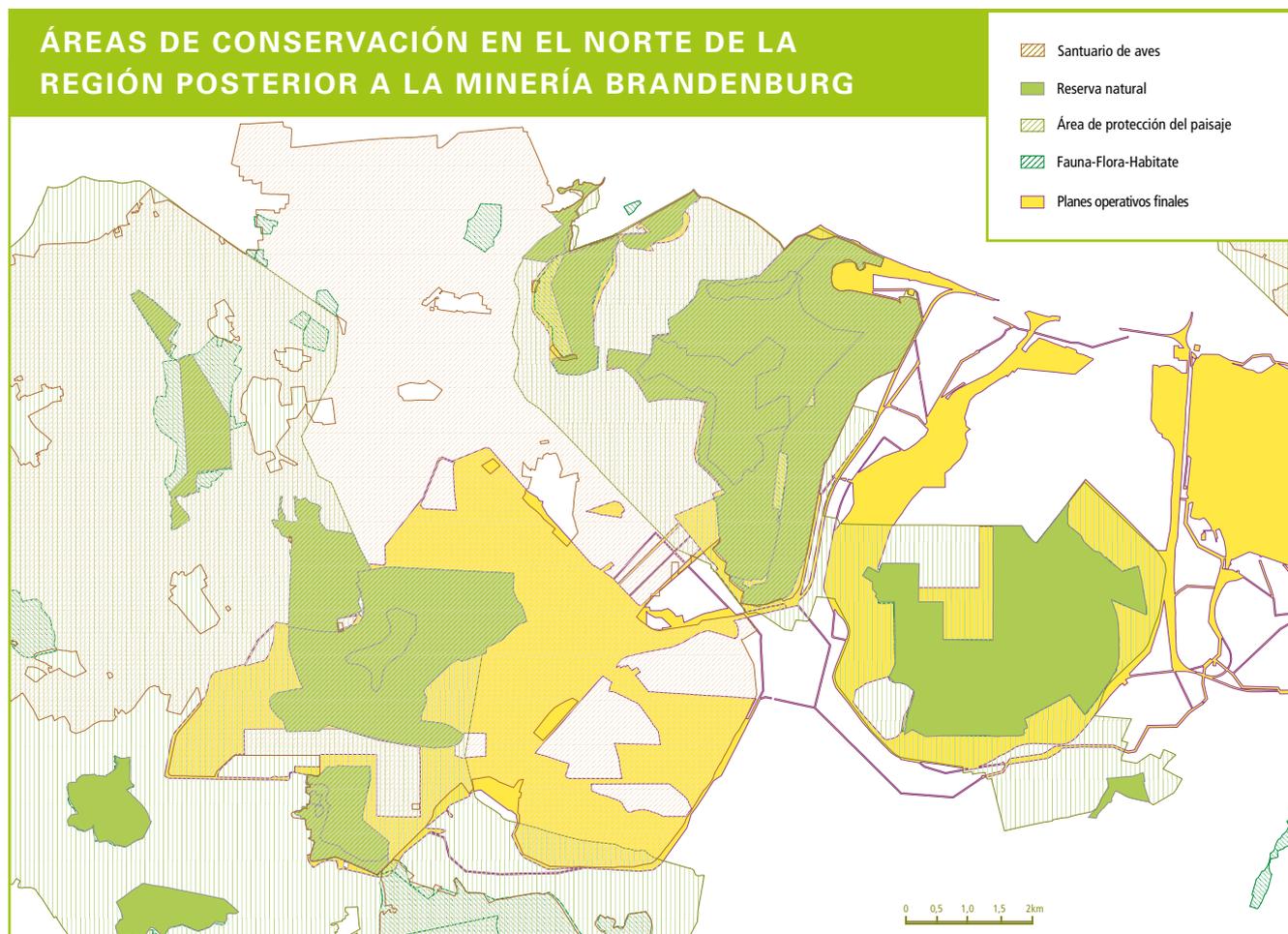
ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE ZONAS PROTEGIDAS

En cooperación con autoridades de conservación de la naturaleza, asociaciones e instituciones científicas, la LMBV ha desarrollado propuestas de ubicaciones para zonas de alto valor de conservación de la naturaleza como „áreas centrales para la conservación de la naturaleza“. Un papel importante en la selección lo desempeñaron las antiguas áreas de minería a cielo abierto propiedad de la LMBV que aún no habían sido restauradas o lo habían sido de manera incompleta. El potencial natural del paisaje post-minería puede ser asegurado a largo plazo mediante su venta y

transferencia a instituciones de conservación de la naturaleza. La superficie de las zonas centrales terrestres asciende a 14 454 hectáreas (sondeo LMBV 2005). En promedio, se ha alcanzado una proporción del 15 por ciento del área de post-minería en los respectivos estados federales.

EXPERIENCIA DE LA NATURALEZA EN ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

Además de su función como recursos abióticos y bióticos, los paisajes de sucesión desarrollados naturalmente también tienen una importancia sociogeográfica esencial. Esto se debe a que las extensas áreas post-minería no fragmentadas representan un importante recurso estético del paisaje para el uso recreativo en la naturaleza. Los efectos positivos asociados en términos de oportunidades recreativas locales e impulsos económicos regionales pueden ser utilizados más intensamente en el marco del turismo no destructivo.



**IMPRINT****LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH**

Knappenstraße 1
01968 Senftenberg

Telefon +49 3573 84-4302
Telefax +49 3573 84-4610

www.lmbv.de

Edited by:

LMBV Unternehmenskommunikation

Professional consultation by:

Jörg Schlenstedt, LMBV

Translated into Spanish by:

Marie-Charlotte Benthaus; Eva-Maria Steiger

Editorial deadline:

1st edition, 2020

Design/Layout:

agreement Werbeagentur GmbH

Photos:

LMBV, Christian Bedeschinski, Ralf Donat,
Lennert Piltz, Peter Radke, Jörg Schlenstedt

Front: Afforested wood on a former Lusatian
mining dumpsite (photo by Lennert Piltz)

Back: European nightjar with a chick (photo by Lennert Piltz)