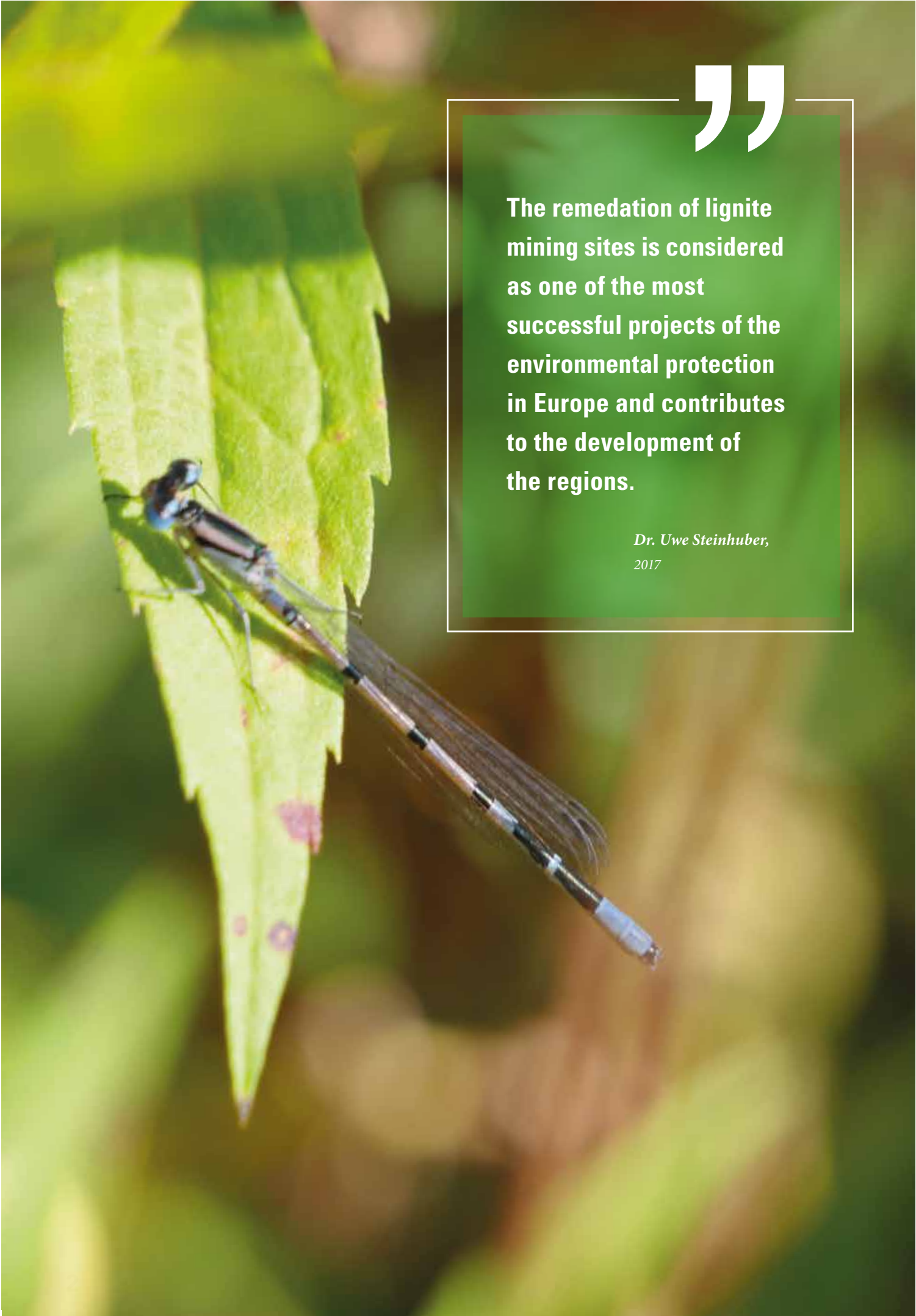




PREPARING THE GROUND FOR THE FUTURE

Mine Recultivation

IN CHINESE

A close-up photograph of a damselfly resting on a green leaf. The damselfly has a blue head, a brown and black segmented body, and long, thin, brown wings. The leaf is bright green with some small red spots. The background is a soft-focus green.

”

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*

内容

导言	4
复垦的法律基础	6
复垦：最大的挑战	7
土地	30
农业复垦	16
森林复垦	18
捕鱼	30
筑路 - 建立联系	32
生态复原地	34

景观重建





景观是在人类活动和自然力量的共同作用下形成和演变的。资源消耗正在不断改变景观及其区域内的人文风貌。采矿一方面破坏了资源，另一方面又为开采区创造了新景象。

资源耗竭不仅改变了露天矿区，也改变了周边区域。例如，一个农业村变成了露天矿场的周边设施用地，并最终成为具备港口和各种娱乐功能的旅游胜地。现有田地和草地用作建设用地、体育设施和马场等情况，也同样属于自然景观的改变。露天褐煤矿有时限，非可再生并对环境造成大规模的干预，因此景观的发展与历史上的自然演变不同，能够走上新的发展方向。褐煤开采不仅改变了景观，也改变了历史。矿区复垦是一种针对环境破坏的补偿措施，实施后如若对自然平衡不造成重大或后续

的不利影响，景观得到恢复或重建，则之前对环境造成的影响就得到了补偿。除《联邦采矿法》及其相关法令外，勃兰登堡州、萨克森州、萨克森-安哈特州和图林根州发起的重建计划也是恢复之前受到褐煤开采影响的地区的法律基础。区域计划由各州议会在内阁决议中宣布其约束力，由负责重建的市政当局、相关地区、政府协会和 LMBV 共同制定。重建计划规定了各个采矿区的整改目标、基本工作、未来用途（例如农业用地、森林和水域、自然保护区或旅游业开发区）及其比重。

复垦的法律基础



A school class is searching for insects on the post-mining area.



LMBV 根据《联邦采矿法》在最终工作计划中详细描述了必要的工作步骤、使用的技术、期限以及必要的审核和法律要求。

此计划获得采矿当局批准。但该计划并不是对各项工作的最终描述，而是一个开放的过程，可以加入新的观点或事项，提交的最终工作计划将随之进行更改和调整。欧洲和联邦环境法律提供了回旋余地，从而使整改即符合规定又能够符合公共利益。此外，定义土壤质量、造林目标或农业管理原则的国家政策、规定和计划对于复垦的实际推行也非常重要。LMBV 的目标是在实际工作中遵循并实施这些标准。



复垦： 最大挑战

判断是否可持续发展，并据此调整土地的复垦目标，是所有A重建参与方所面临的挑战这是一个持续的过程。

可以根据新的观点调整计划。迄今为止，德国已有 178,819 公顷的土地 (DEBRIV 德国褐煤工业协会, 2018) 被纳入整改计划，其中 LMBV 责任范围内约有 106,800 公顷 (LMBV 卢萨蒂亚和中德矿业管理公司, 2018)。1991 年初重建工程开始时，约有

54,500 公顷的土地未能成功复垦。LMBV 的复垦率为 88 %。还有约 12 % 的陆地需要转变为森林或自然保护区。水平衡也已经恢复到 80 % 以上。通过在 120 个露天矿坑内注水，28,568 公顷的土地重生为湖泊，这些湖泊具有广泛的再利用性，也为矿山地区创造了新的人与动物的栖息地。LMBV 与众多科研机构 and 行业合作伙伴一起开展复垦工作。可以说，东德露天矿的景观再造工程是欧洲最大的“景观建筑工地”！

MINING REGIONS



Neuhausen Lake (front), Paupitzsch Lake (center), Great Goitzsche Lake (back)

The remediation of former potash, spar and ore dumps, as in Bischofferode, is also part of LMBV's work.



Central German Region

The map illustrates the Central German Region, highlighting remediation areas (green), post-mining lakes (blue), settlement areas (grey), and open-cast mines (brown). The map also shows the state border (dashed red line), highways (thick yellow lines), main roads (thin yellow lines), and rivers (blue lines). Key locations include Halle, Merseburg, Leipzig, Bitterfeld-Wolfen, and Naumburg. The map is divided into three regions: SACHSEN-ANHALT, SACHSEN, and THÜRINGEN. The map includes a legend, a scale bar (0 to 20 km), and a north arrow.

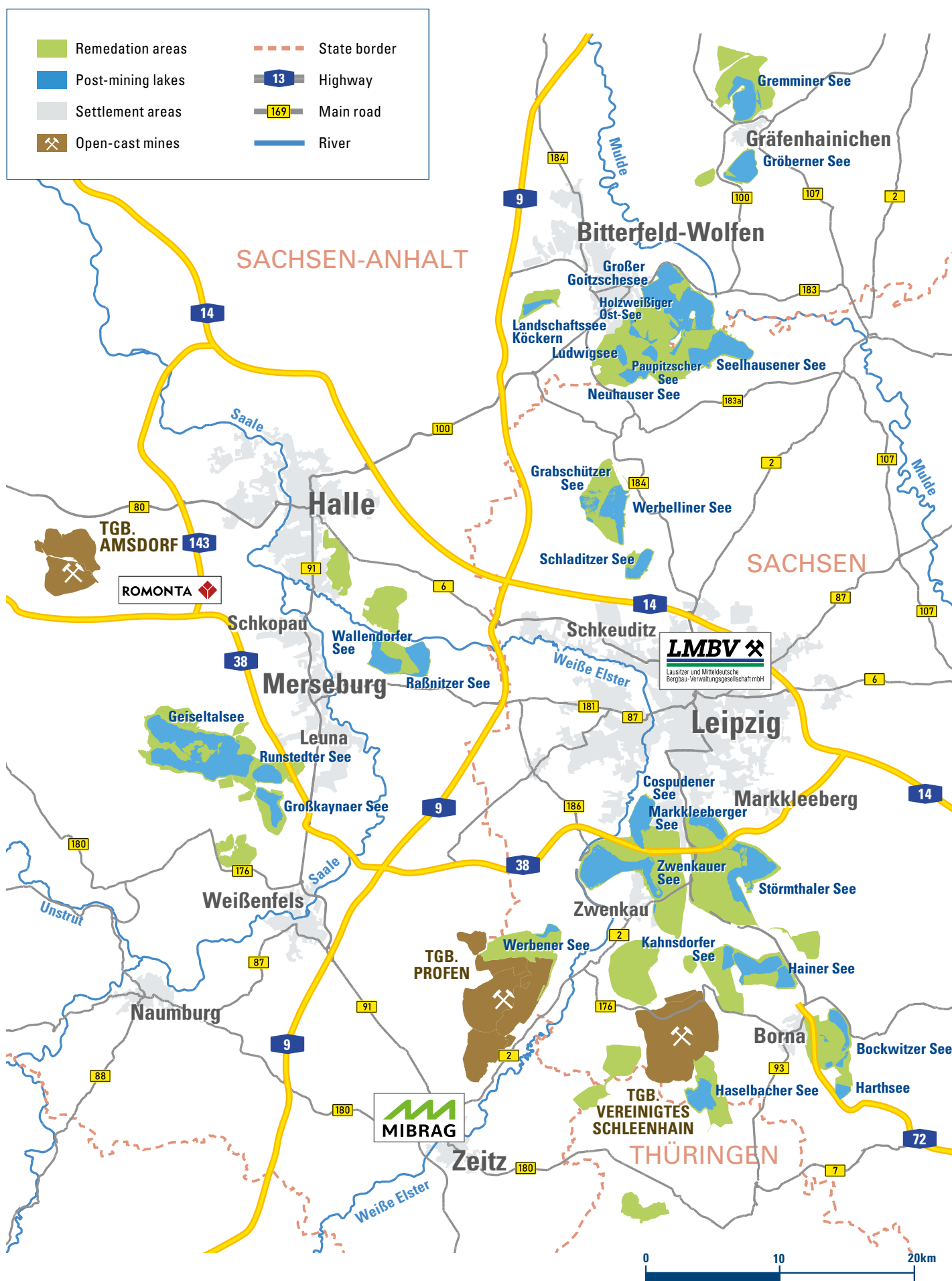
Legend:

- Remediation areas (Green)
- Post-mining lakes (Blue)
- Settlement areas (Grey)
- Open-cast mines (Brown)
- State border (Dashed red line)
- Highway (Thick yellow line)
- Main road (Thin yellow line)
- River (Blue line)

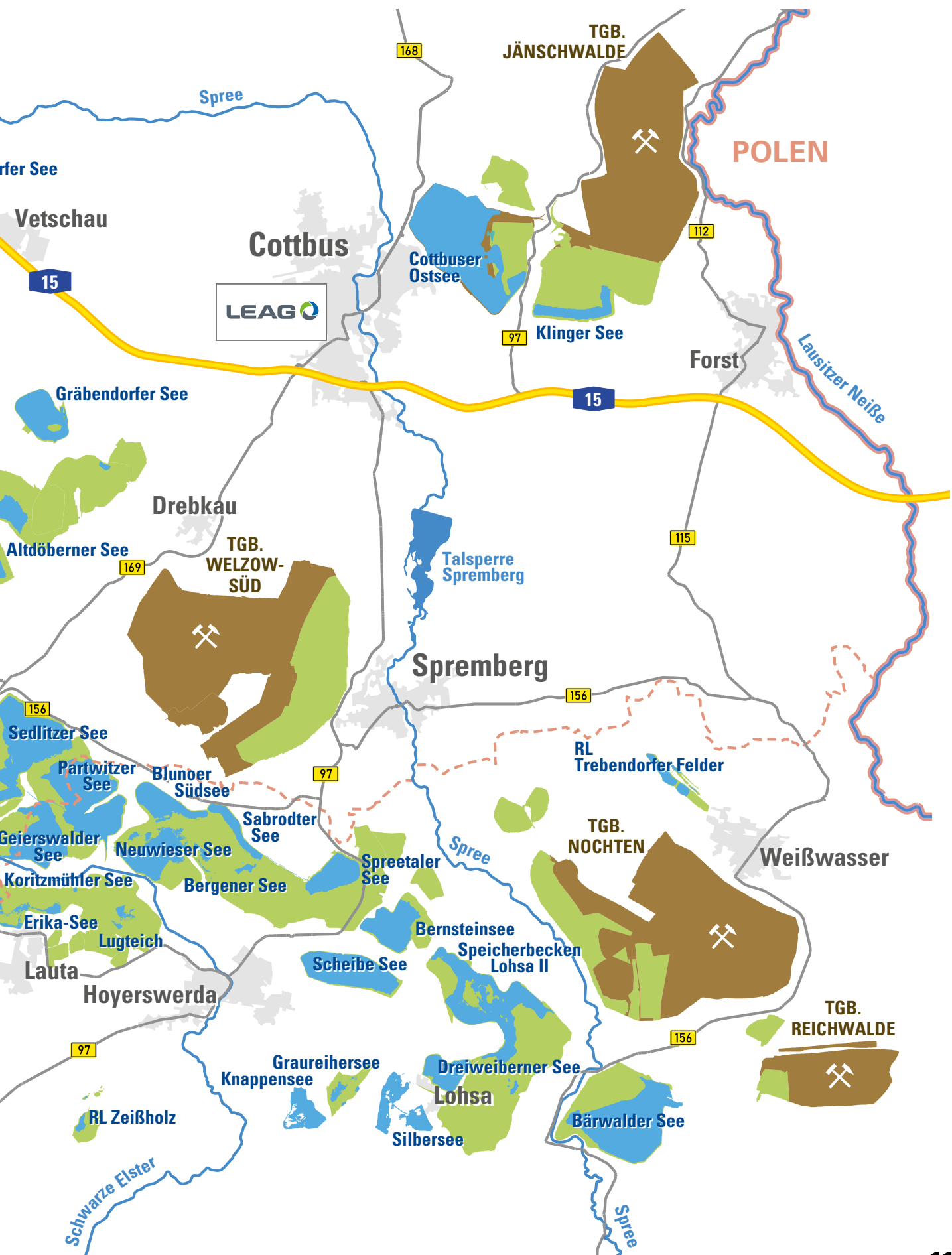
Key Locations and Features:

- Cities:** Halle, Merseburg, Leipzig, Bitterfeld-Wolfen, Naumburg, Weißenfels, Zwickau, Borna, Zeitz.
- Rivers:** Saale, Weiße Elster, Mulde, Unstrut.
- Highways:** 9, 14, 38, 100, 107, 180, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200.
- Open-cast Mines:** TGB. AMSDORF, ROMONTA, TGB. PROFEN, TGB. VEREINIGTES SCHLEENHAIN.
- Post-mining Lakes:** Geiseltalsee, Leuna, Runstedter See, Großkaynaer See, Wallendorfer See, Raßnitzer See, Schkeuditzer See, Werbelliner See, Schladitzer See, Grabschützer See, Seelhausener See, Paupitzscher See, Ludwigsee, Landschaftssee Köckern, Holzweißiger Ost-See, Großer Goitzschensee, Gremminer See, Gräfenhainichen, Gröberner See, Cospudener See, Markkleeberger See, Zwenkauer See, Störnthaler See, Hainer See, Bockwitzer See, Harthsee, Haselbacher See.

Scale: 0 to 20 km







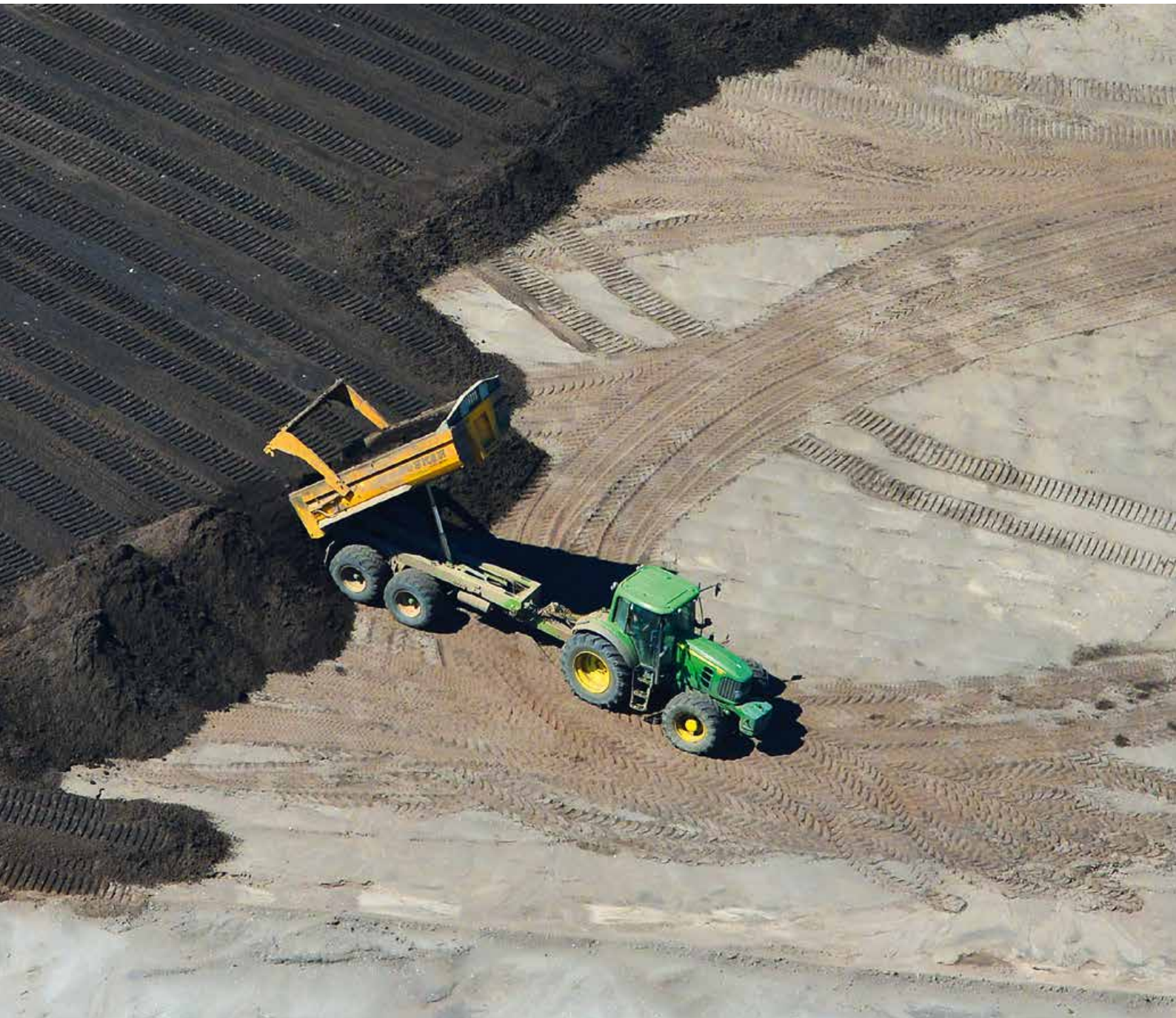
土地



露天褐煤矿开采使用的大型设备（输送桥、斗链式挖泥机和斗轮式挖掘机）会破坏土壤。

从前使用的土壤翻覆技术（主要由于没有单独开采，或者用于堆放表层土壤）导致了不同地质层的混合。沉积在地下数百万年的基质到达了地面。这

些基质的特性决定了土壤改造的方向和速度，以及废土场的潜在产能。在卢萨蒂亚（LAUSITZ）和德国中部褐煤开采区，富含腐殖质的表层土壤主要由第四纪基质组成。主要成分是冰河时代（更新世）的融水沙/滑石沙和沉积沙。其次由强大的第三纪盆地沉积物组成，主要成分是碳沙/硫沙、粉砂和粘土。

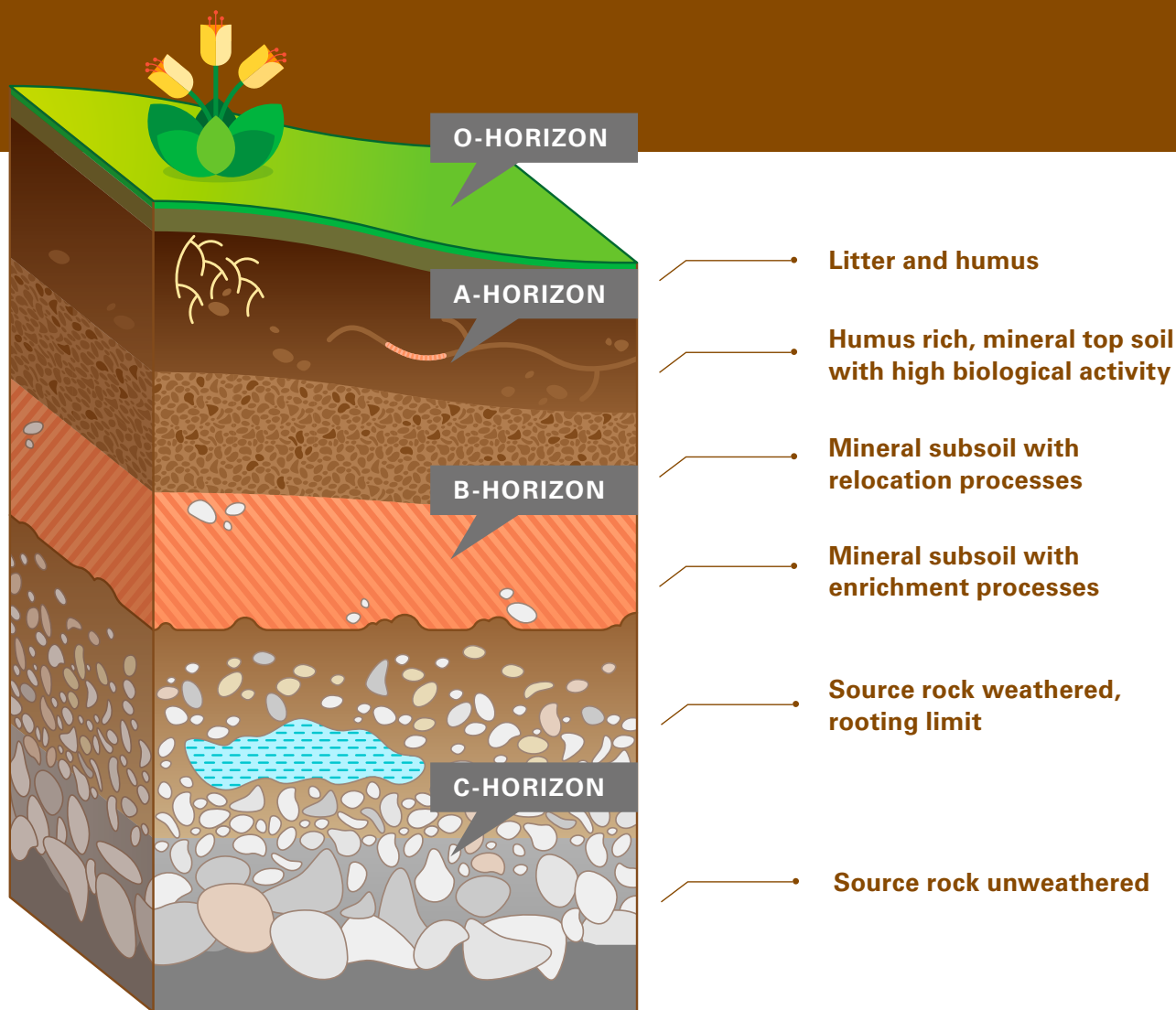


Gentle soil application on site Schwarze Keute near Klettwitz, 2017

卢萨蒂亚的露天矿和废土坡 90 % 成分是沙子和粘土。而在德国中部，大面积的土地由优质的更新世基质、黄沙土和黄土以及黄粘土、河滩粘土和河滩粉砂构成。这些土地适合改造为农业用地。在卢萨蒂亚地区，第三纪和第三纪/第四纪的混合基质（构成废土坡约 60 % 的地表层）表现出明显较差的性能。该地区的一个特点是，发电厂周边约 1,100

公顷的土地上堆积或弥漫了大量电厂产生的灰尘。在卢萨蒂亚占主导地位的第四纪沙质土壤由于其较高的粗孔容积而具有良好的透气性和导水性。

但是，这种土壤会迅速脱水，无法很好的与营养物质结合。PH 值呈中性至弱酸性。德国中部的第四纪粘性基质具有较高的矿物质和营养含量、适宜的



PH 值和较高的储水能力。另一方面，废土场的第三纪基质含有煤和二硫化铁（黄铁矿，白铁矿），吸入空气和水时会发生严重的酸化（PH 值 < 2.5），并导致土壤水中的盐分浓度过高。露天矿场的典型特征是腐殖质和养分耗竭，土壤生物活性缺乏或过低，往往也缺少保水能力。对于景观重建，这是极其不利的开局。

提高土壤肥力

可持续的恢复土壤肥力，以及恢复土地作为栖息地

和生产地的功能，是复垦的首要目标。从废土场土质到功能完整的土壤，还有很长的路要走。复垦是最初的工作，也决定了今后的发展方向。耕种需因地制宜，并确保土壤的培育效果不受干扰。这样，即使贫瘠的土地也能开花结果。为土壤地质制图是这条路上的第一步。LMBV 委托专家确定和评估每个开采区暴露的基质，确定必要的工作。根据其作为农业区、森林或自然保护区的预期功能，过程可能有所不同。由 LMBV 的专家规定必要的相关工作，由专业公司进行实施。通常需要完成以下



工作：使用地锄或卷刨设备，将压实的土壤打散到 100 厘米的厚度。根据基质的性质、废土坡的年代和之前的用途，地表可能会积累密度极大的粘性基质和沙土混合基质。

这会导致土壤的物理性质恶化。针对这种情况，需要使用长效天然石灰石进行土壤改良。根据专家意见，分几步将石灰石混入 100 厘米的深度。由大功率拖拉机牵引的锄铲式中耕机可以完成此项任务。每公顷需要混入 4 到 600 吨以上的石灰石粉。通常进行两次基本施肥，添加重要营养元素氮、磷、



Lime incorporation by means of a deep spade rotary hoe

钾。第一次施肥时使用圆盘耙从地面打入肥料。第一茬植被吸收和利用养分后，再进行第二次施肥。接下来使用挑选出的牧草、三叶草、羽扇豆或紫花苜蓿进行绿化，覆盖地表，促进腐殖质的形成，将

注入的养分锁定在植物内。绿化还可以防止粉尘污染周边村庄。最快六个月后，如果土壤改良措施取得成功，将获得土壤地质质量证书。如果未达到目标，则继续整改工作。LMBV 与科学机构、专家、采矿当局和相关的采矿公司合作，为初始鉴定和质量证书制定了具有约束力的工作说明。

SOIL FUNCTIONS (BIOLOGICAL)

Living Space Function

- Living space for plants, animals, organism and humans

Regulation and Buffering Function

- Regulation water and matter cycles
- Buffering
- Filtering and storage

Production Function

- Life base
- Potential for biomass production (food, animal feed, renewable energy)

农业复垦



Sunflowers on a recultivated mine-site

采矿业在相当大的程度上令农业生产丧失了根基。因此，重建这些地区也是采矿过程的一部分。

如果想要恢复成有竞争力的农业生产场所，土壤基质和整个复垦过程需要满足极高的要求。只能使用最昂贵的土壤基质。泥砾、废石沙和粘土沙、粉砂和粘土尤其适合作为表层。为了确保土壤深厚的

中期肥力，覆盖层至少达到一米。由于土壤基质通常具有良好的 PH 值，因此很少需要使用石灰石进行土壤改良。但大部分情况下都需要压实土壤。露天采矿设备（挖掘平土机）以低卸落高度进行填土，推土和准备地面时应尽可能少的移动，在复垦阶段连续多年对土壤进行保护处理，这些措施将对农业复垦做出重大贡献。期望的土壤密度为每立方厘米 1.5 到 1.6 克，粗孔体积至少为 8 %。

位置、面积、表面形状和地势起伏是决定废土坡的农业用途的其他重要因素。坡度 0.5 - 7 %、略微呈波浪形的表面可以确保排水，避免水土流失，并能满足在坡面上进行机械作业的要求。在 20 到 30 公顷的田地之间，树木隔离带与周围的露天矿区整合到一起，借此减少风蚀和蒸发，也能促进生产能力和群落生境网络的发展。

腐殖质的富集、土壤结构的形成、土壤生命的孕育以及必要的养分循环是一个耗时多年的过程。某些草（黑麦草，越冬作物）和豆科植物（如苜蓿和羽扇豆）的轮作栽培在年轻土壤上的效果很好。根据当地的条件，复垦时间需要七到十五年。随后种植的农作物、油料作物和玉米能提高产量，又进一步改善了土壤。复垦成功的耕地的价值至少应等同于周边地区的耕地。但其全部的生产潜力在两到三十年后才能发挥出来。与德国中部褐煤开采区相比，卢萨蒂亚的土壤条件更差，因此复垦和农业用地占用之间的亏空约有 8,000 公顷。在德国中部，比例大致平衡。随着原材料加工能源回收技术的发展，再次增加了对有经济利用价值的闲置土地的需求（作为风力涡轮机和太阳能电池组件的场地）。尽管原则上以上内容适用于原材料的种植，但在其他情况下，仅需将这些土地用作场地，无需考虑其生产潜力。因此，较贫瘠的农用地也可以用于这些用途。



Top: Aurochs on a recultivated agricultural area near Leipzig

Middle: Vineyard on the IBA Terraces, former Meuro opencast mine

Bottom: Aerial photograph of a rape field



森林复垦



在东德褐煤产区，森林复垦在开采后的景观开发中起关键作用。

由于其生态平衡功能和对地下水水质的影响，种植坡地林对因资源开采而遭受严重破坏的自然区和人文区的复兴具有重大意义。德国中部农业区的森林面积约占复垦面积的 40 %。在人口密度较低、工

业化程度较低的卢萨蒂亚，复垦森林的面积约为 30,000 公顷。占重建面积的 60 %。

造林

在褐煤矿的废土坡上，尤其是到 1999 年才关闭的露天矿区，由于养分含量低（氮，磷，钾），大范围的生物活性不足和缺乏可利用的有机物，首次造



Afforested wood on a former Lusatian mining dumpsite

林难度很大。生态系统过程，例如养分循环，只能以很慢的速度建立。起初，年轻农作物的生长受到抑制。由于强烈的酸化作用和强烈的硅酸盐风化作用，在卢萨蒂亚地区占主导地位的含硫第三纪基质对植被的生长极为不利，极易造成侵蚀。具有不同结构和化学性质的第四纪和第三纪混合基质常常导致小规模基质异质，使造林更加困难。

造林规划

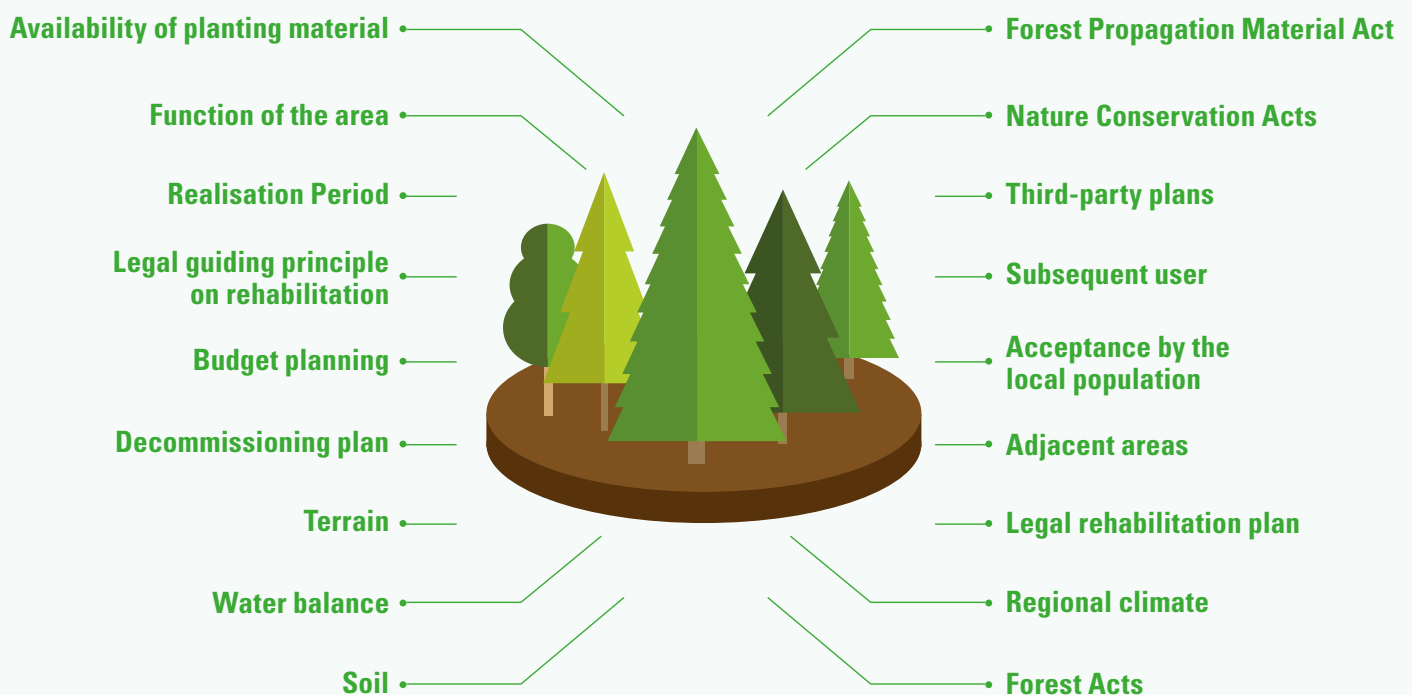
重建计划确定的用途是未来地面设计和景观开发的指导基础，即指定主要用途：农业、森林、复垦区、水域、道路以及商业区和其他建筑区。与之相关的是各种用途应达到的目标，例如农业区土壤或未来森林地区可生根的基质层的质量目标。林业复垦确保未来林区的土壤肥力能够长期、可持续的

发展，确保林区能够发挥防护功能、休闲功能和经济利用性。因此，选择的树木要适合当地环境，硬木比例高，且生态多样性大。应首选当地木种，根据当地情况避免使用单一种类的树木。必要时，通过适当的改造措施分散现有的单一结构森林体。此外，森林外围要进行专门的设计，使其结构符合防火和发展群落生境网络的要求。

以下内容介绍影响造林决策的重要地点因素、运营因素和法律因素。为规划区域制定种植计划，并与林业主管部门进行沟通。

LMBV 通常通过公开招标委托专业公司实施复垦。复垦服务合同中规定了所有与造林有关的活动（采购、林木交付、伐木），作业技术（种植方法）和

DECISION CRITERIA FOR AFFORESTATION





Large tree planting at channel 12



Pine seedling

作业设备的相关说明和期限。包含植物或种子的质量标准（品种、木龄、产地）以及作物保护规范。所制定的种植计划是复垦合同的核心内容。在德国中部和卢萨蒂亚地区试行 100 多个项目后，得出一种为不同地点选择适宜树种的可行方案，从生态学上减少了坡地的分类。从生态学角度出发，为了最

大程度地降低项目风险，通常提倡混合造林，随着成功栽植的林木和蓄水量的增长，造林的规划空间也增大了。

种植

复垦最重要的工作是林木的种植。由于基质条件差、缺乏土壤改良和易蒸发的露天环境，生长阶段损失的木苗约占栽植总量的 10 % 至 40 %。此外，作物、尤其是半喜阴和喜阴树种在生长初期受到抑制（“移植冲击”）。成活后的第三年甚至第四年才能检测到高度增长。成林前，高度增长一直落后于露天矿区的其他造林树种。与成年森林相比，要达到类似的栽植目标和生产目标，栽植数量需要增加约 25 %。据可靠的复垦经验，应选择 2.0/1.8 X 1.0 米、1.5 X 0.7 米或 2.0/1.8 X 0.5/0.6 米的栽培组合。通常使用来自原产地的，经过批准、挑选或再生林检测的市售植物品种（年龄 1 + 0、2 + 0 或 大小 20/40 和 30/50 CM）。

事实证明，由于裸露废土坡上的晚霜害和频繁发生的春旱，秋季播种（11 月 / 12 月）较春季播种对落叶乔木更为有利。多数情况下，种植通过机械完成。在机械设备无法工作的废土坡区域（例如陡坡，河岸带）和小规模采取特殊措施的区域（防风



Afforestation on Neuberzdorf Height, former opencast mine Berzdorf 2008

种植、防侵蚀种植、森林边缘种植），进行人工种植的成本要高得多。如果引进混合树种，则规定的种植数量应根据混合比例进行调整。主要树种和次要树种的混合形式基于成熟树木的潜在树冠面积，因此要成队、成组的种植。

为了便于工作和检查，在复垦实践中通常优先选择逐行混合。赤杨木或杨树作为快速生长的树木，经常以 4 X 4 或 6 X 6 米宽的面积适时引进作为遮蔽木种，尤其是在橡树林中更为合适。它们易于降解的落叶加速了土壤发育。此外，赤杨中的氮能够促进森林的生长。最重要的是，从林木中等到富饶地区，通过共同培育赤杨木可以加强林木的结构化和

自我分化。桦树、柳树和松树也都可以作为理想的森林屏障，在林间穿插播种。

播种

培育松树和桦树先锋林时，可以通过播种人工育林。这尤其适合难以进入的废土坡区域，例如河岸带、下沉地和陡峭的斜坡系统。针对播种也既定了服务规定：服务期内的积雪播种和降雪保证、检查、质保以及时间要求（播种时间）等。无植被的原始土壤，特别是营养贫瘠和吸附力弱的沙土，特别适合播种。而在易于生长的废土坡地点播种，长草（拂子茅属/异颖草属）或药草（石三叶草）经常过度生长。早春播种属于积雪播种，被视为理想

的播种时间。融化的雪可以粘住松树种子和桦树种子，将种子卷入吸饱水的种植表土中。为了繁育出疏散生长的桦木，每公顷播撒的平均发芽能力的种子数量应在 15 至 30 斤之间。针对易于干燥的坡地沙土，如需要种植密集的先鋒林时，每公顷最多需要播种 40 公斤，可以掺入松树种子（0.5 - 1 千克/

树篱和树桩墙

为重建进行采伐准备工作时，常常会萌生冠灌丛和根蘖。这为快速而经济高效地种植灌木墙和树桩墙创造了可能性。作为森林边缘的设计元素，它们划分了景观并连通了各种矿坡群落生境（踏脚石，群落生境网络）。第一定居者是常见的嗜氮植物，例如黑接骨木或黑莓，还有刺槐。尽管树篱通常只包括几种类型的树木或灌木，并且生长滞后，但它们为小型哺乳动物、鸟类、爬行动物和昆虫提供了直接的保护所。



Stump wall in Meuro



小面积裸地

通过保留一部分种植失败的裸地，在林分内建立非耕区域，作为各种动物的藏身地。森林边缘区域内的裸地使森林景象呈现一定的不规则性，更具自然感。但只能在不影响森林功能和林业目标的情况下保留空地。



Hoverfly

公顷）。在原有树木中，可以在指定的设施中放置橡子，通过松鸦在坡地上播种夏栎和无梗花栎，这种播种方法非常经济。在陡峭的山坡上造林时，使用喷射播种的方法播撒桦木种子。选用的树种的种子必须符合原产地的种植条件建议。

天然造林

与生态复原区（自然保护区）不同，规划的森林区也可以进行天然造林。无疑，这是所有造林方法中



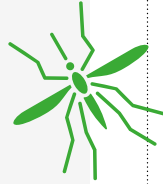
The hoopoe (*Upupa epops*) likes to live in post-mining landscapes

最具成本效益的一种。但成为国家森林法定义的森林，以及达到规定的重建目标却需要很长的时间。即使森林是建立在演替基础上的，也浪费了成为落叶树种繁育地的可能性。演替系列的预测需要详细了解非生物位置因素和生态影响。但仍存在不确定性。造林前，必须首先检查场地是否具备育林的能力。计划通过演替进行造林的区域，通常也必须使用石灰石进行土壤改良。通常，在演替初期就可以预测香草、牧草之外的木本植物是否能够长期生长。密集生长的长草可能会数十年的阻碍森林发

育。在森林的自然演替系列中，先锋树和林前树种（例如松树、桦树和白杨木）作为“现场清理者”发挥关键作用。竞争力强大的洋槐也占据越来越多的土地。自繁殖开始于早期的裸地阶段，在灌木阶段和林前阶段达到全盛。根据场地条件，随风飞入的桦树种子萌芽后，5 至 15 年后即可结实，并开始下一轮繁殖。

此外，随着林分的发展，鸟类带入的传播体变得越来越重要。在规划培育不同树龄林木和不同林分

积湿区或植被稀少的沙土区



施工车辆驶过粘性土壤后，常常会出现表面湿润的区域。粘土含量大于 40 % 的基质也很容易积湿。由于恶劣的环境，这些地区无法种植，可能会在其周围种植灌木丛和树林。

由于石灰石土壤改良不足，含硫坡地基质上又形成了植被稀少的沙土表层。由于它们呈马赛克状分布并且面积很小，只能以极高的成本再实施土壤改良。它们仍然是具有生态价值的原始土地，也是土壤昆虫的首选栖息地。

Sandy area in nature reserve Grünhaus



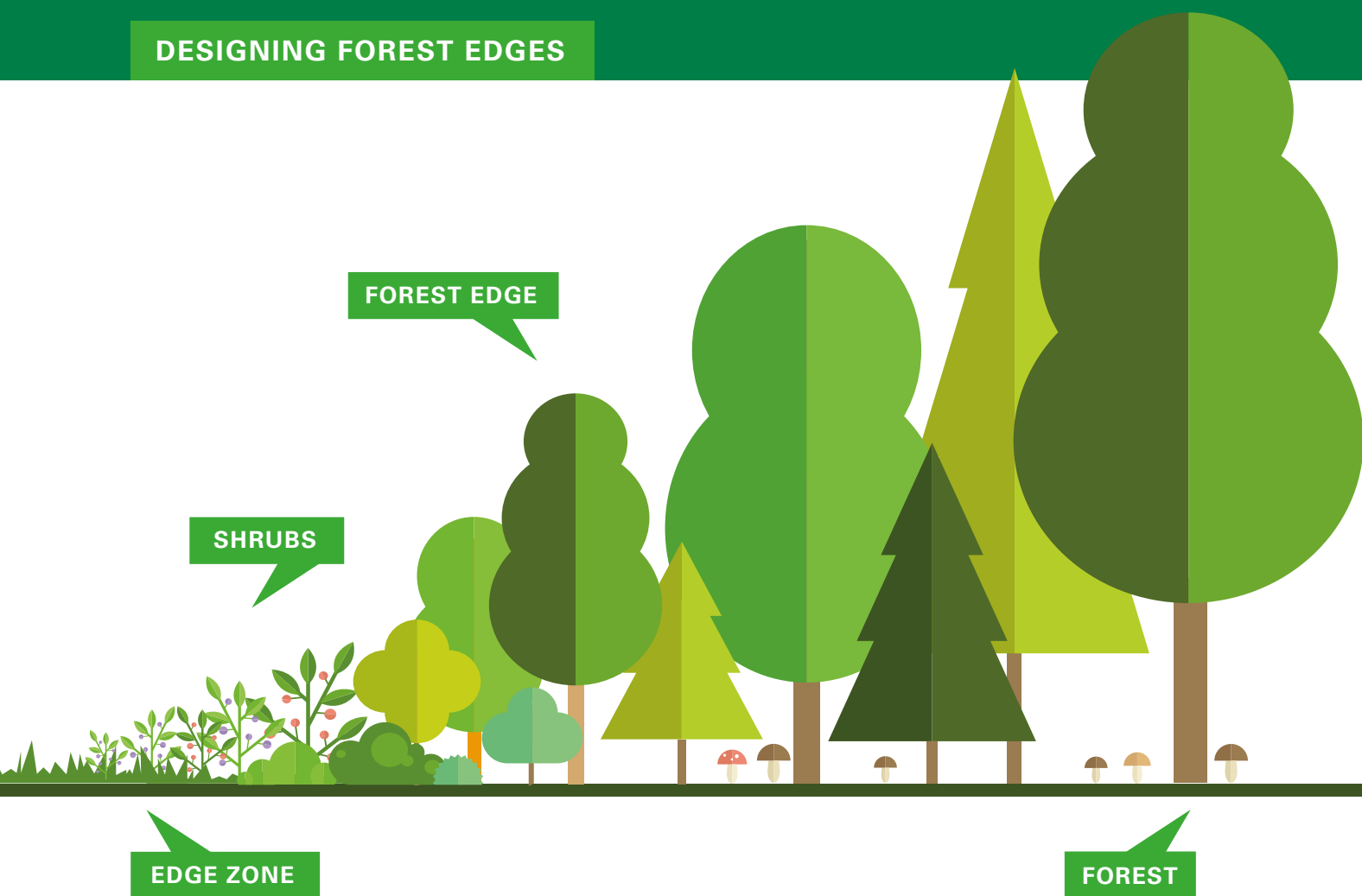
景观的区域，例如具有重要休闲功能的森林边缘地区，应补充种植中间型树种和演替顶极树种。在疏散生长的桦树/白杨树先锋森林的保护伞下，无梗花栎、夏栎、欧洲白蜡树、欧洲鹅耳枥、山毛榉和其他本地灌木种如沙棘、卫矛、山楂都能更加茁壮的生长。待造林的区域越封闭，演替种群的比例就越低。决定性因素是到最近的传播体主体的距离。超过一公里，就很难有足够的种子进入。对于要造林的地区，不应该过早计划建立特殊保护功能，例如入侵保护、侵蚀保护或隐私保护功能。

自然与景观的综合保护

毫无疑问，因地制宜的森林管理是与自然关联度极高的森林管理形式。此外，在森林复垦过程中，在坡地景观中引进了其他附加费用相对较低的自然保护元素。

冰河时期冰川沉积的岩石在采矿过程中被收集和堆积。在对废土坡表面进行推平和基本土壤改良的过程中，较大的冰砾也被堆放到一块。通过垒砌冰砾堆或石堆，可以及早将特殊生物群落生境整合到尚未结构化的造林区。它们为许多喜爱温暖的小型哺乳动物和爬行动物提供了庇护所和栖息地，从而加快了大型矿坡群落重新定居的速度。

DESIGNING FOREST EDGES



森林边缘设计

森林边缘分段和划区不仅可以改善森林结构，增加美感（休闲功能），保护物种和群落生境（群落生境网络），还有防风/防侵蚀功能，并能降低森林火灾的风险。需要将森林内部空间和外部空间划分开（区分另一种功能）。外部空间将坡地森林与周围的农业区、复垦区或露天矿边缘区连接起来。应避免生硬的分界，追求生态交错的和谐整合。在森林的外缘种植灌木，向内分别是第二级和第一级林木。在主风向上的最大宽度达到 50 米。相反，森

林内部边缘要窄得多。沿原有的路径和过道栽植单排或多排林带作为内部边缘。由于坡地位置普遍吸附能力较弱，经证实本地的野生玫瑰、柳树，黑刺李以及普通山楂特别适合种植在森林边缘。在果树中，野梨具有最广泛的适应性。在贫瘠的地区，种植沙棘最为可靠。

由于根系发达且易于通过鸟类播种，沙棘扩张的速度过快，导致护理成本过高，因此已经不再应用于矿区复垦。森林边缘的人工林通常需要设立围栏，



防止野生动物啃咬树木，因此形成了成片围栏这种不利的形态。森林大门必须保持畅通，方便野生动物出入，因此，人工林或围栏每 100 至 150 米都要留出一个一到十米宽的开口。作为自然的野生动物通道。

护理措施

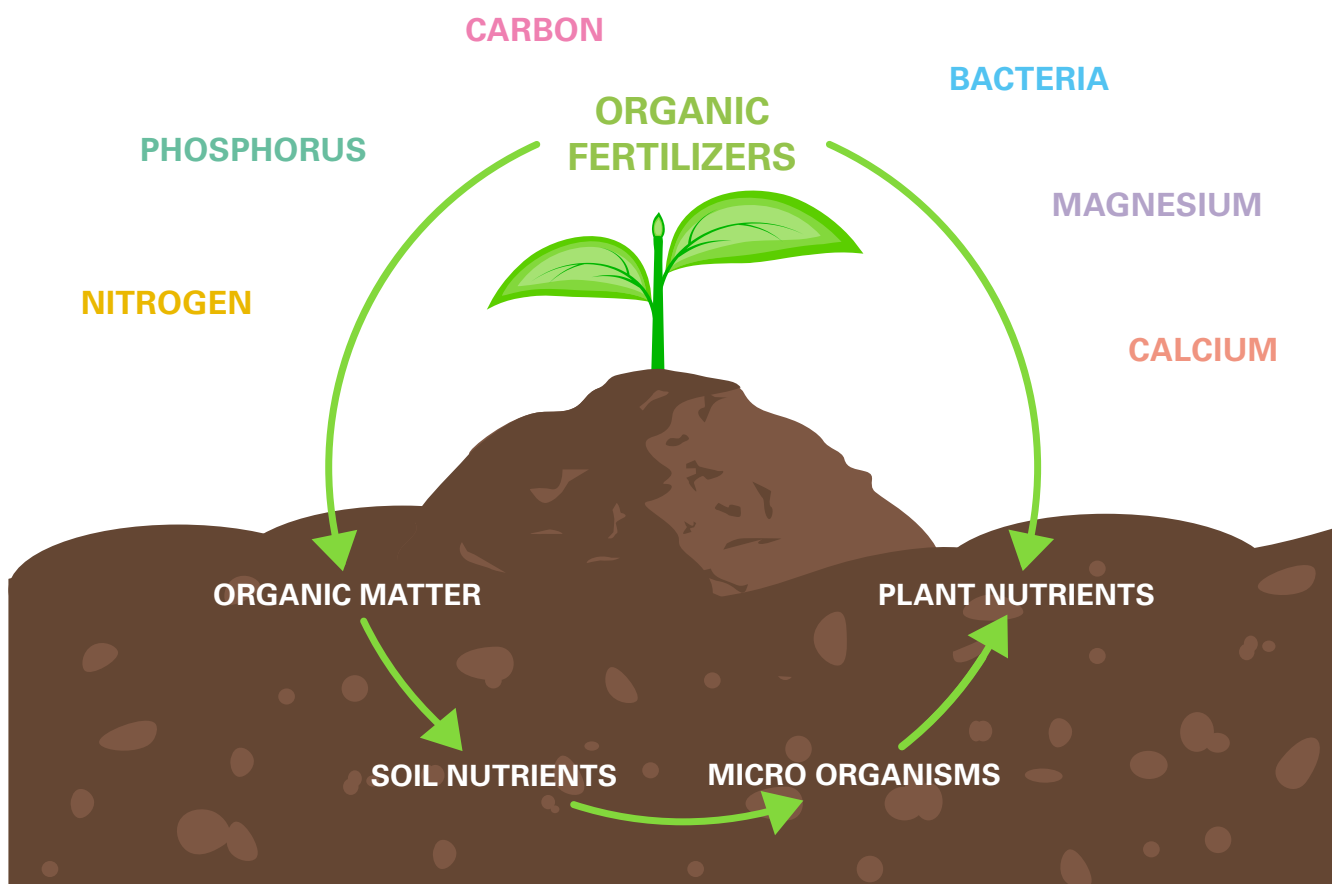
在复垦区实施的所有能够促进造林和种群按预期功能发展的护理措施，都被视为是符合森林法律的恰当的森林管理措施。干预措施必须能够提高生命力和稳定性。并且能确保该地区的预期收成。

生长调节

生长阶段的护理重点在于生长调节，即通过清除不需要的杂草和香草保护木本植物。首先，要治理所有泛滥的长草（例如拂子茅）和草本植物（如三叶草）。

护理成本取决于现场条件、地表植被的物种谱系、选用的木本植物种类、植物品种以及各护理年份的天气条件。原则上，耐阴树种对地面植被的竞争压力的敏感性低于橡树和松树等轻树种。另外，护理的强度也取决于现场的条件。

NUTRIENT CYCLE





Wolf cub



Red Fox vixen



Hare cleaning itself

施肥

不论其地质情况如何，坡地土壤的特征都是植物可利用的养分含量非常低，尤其是氮 (N) 和磷 (P)。除了重要的反应条件和结构缺陷之外，氮缺乏尤其会对植物的生长起抑制作用。相反，钙、镁和微量营养素通常供应充足。因此，为了确保森林作物的安全生长，必须同时进行氮磷施肥。矿物施肥从定植的第三年开始，届时细根系统已经建立、大部分苗圃植物的肥料养分已经耗尽。通常在一到三年后，补追两到三次氮肥才能实现营养状况的持久改善。灌木长成后，未施肥和施肥的林分的营养状况区别不大。这归因于生态系统物质循环的建立。大气营养输入加速了这一过程。在特殊情况下，可能需要有针对性的补充肥料。在此之前，根据代表性的叶片或针叶分析法评估养分供应。

森林保护

各州的森林法规定，森林所有者必须采取防护措施保护森林。同样，在复垦地区，也必须确保森林的发展符合当地条件和功能预期。在传统意义上，这些措施包括了用于监测、预测、预防和治理非生物和生物有害因素的所有措施，尤其是预防兽害的措施。兽害是复垦过程中最常见的作物损害之一。实践证明坡地造林可以使用较小的植物品种，但与

成熟林地相比，种植后最初几年通常生长缓慢，因此，必须为贵重的硬木作物设置防兽篱。为了有效控制围栏的损坏和侵入的野兽，围栏内的森林面积不应超过五公顷。个体树木的替代保护方法（例如使用化学防咬剂）仅在使用几年后（尤其在起始植

物数量很高的情况下），成本就明显更高。刺槐桩或镀锌钢柱和金属网是可靠的围栏材料，金属丝的强度取决于野兽种类。柱子的间距大约为 5 米，从地面起围栏高度至少为 1.6 米（防狍）或 1.8 米（防马鹿）。围栏固定到地下 20 厘米深。



其他生物破坏因素

害虫和真菌在复垦阶段起次要伤害作用，最大的危害是橡木作物中的老鼠，它们往往会威胁到种群的生存。长期性的区域监控是预防鼠患的必要措施，在宝贵的硬木人工林也可以实

施个体保护和引进自然天敌，例如捕食鸟类（设置停鸟桩）。如果经营对象受到威胁，则不可避免地要在诱饵站隐蔽地使用杀鼠剂。仅在特殊情况下才需要治理森林害虫。年轻的松树

作物偶尔会受到普通灰象鼻虫或松树灌木黄蜂的攻击。尽管失去了整整一年的松针，但根据经验，松树会在接下来的几年自行恢复，这样就可以避免采取化学手段。

非生物损害因素

由于开阔的野外条件，森林作物尤其容易受到暴风雨、霜冻或干旱等天气的影响。引入保护性植被可以缓解这种小气候极端天气造成的影响，并加速腐殖质或土壤的形成。这有利于林地的发展，大范围共同栽植先锋树种

（杨树，赤杨）也可以达到类似的效果。相比之下，坡地区的森林火灾风险要明显低于露天矿场中杂草丛生的单一松树林。这主要归因于落叶乔木的比例更高，有利的林分结构和优化的森林边缘设计。在未来的森林区域

内系统地创建和维护了灭火池。浅水池漫出围栏形成浅水区，成为野生动物的饮水区和产卵区。此外，采矿景观新开发的水域应设有固定的消防供水点。并且必须与全面负责消防工作的当地消防队的密切配合。

捕鱼



Rudds in the Partwitzer Lake

作为采矿景观中新开发水域的所有者，LMBV 是捕鱼权的所有者。

因此，根据国家的渔业法律，LMBV 义务有保护鱼类。履行鱼类保护义务的前提是各个水体几近达到最终水位，水的最小 PH 值为 5.5，以及可以安全、无危险到达的河岸区域。通过周围河流涌入的河水和水鸟，鱼类进入开发水域。发展接近自然条



Brood of whitefish before

placement in the opencast mining lake Gräbendorf

件、允许在露天褐煤矿湖内开发捕鱼业的鱼类物种群落，最重要前提是 PH 值大于 5.5。较低的 PH 值会影响大多数鱼类的繁殖，形成较差的生长环境，最终导致鱼类死亡。不同鱼类和年龄组的耐酸能力不同。



FISH SPECIES IN POST-MINING LAKES

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 cernua</i>
Pond perch / Common sunfish	<i>Lepomis gibbosus</i>
Belica / Moderlieschen	<i>Leucaspius 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 Fish species

LMBV 委托专业机构为新开发的水域进行捕鱼鉴定。

对此拟定了针对各水域的鱼类区系学和渔业指导方针，并确定了 LMBV 或其后续使用者的义务。

这些方针的确立为发展鱼类总量和未来捕鱼用途的所有进一步措施奠定了重要基础。

LMBV 引进不能自行进入开发水域的鱼类作为先锋

繁殖鱼类，为渔业发展准备必要水域基础。为填注

采矿湖而建造的通道（进水口和出水口）结合了两种

不同类型的水源：流动水系的河水和封闭水系的

湖水。在这两种类型的水源中生活着不同的鱼类和

鱼类捕食的动物。为了允许两种水域中的洄游鱼类

（例如鳗鱼或鲟鱼）通过人工通道，在某些位置建

立了鱼梯。

Fish ladder at river Mulde reservoir



筑路 - 建立联系



Main service road in the recultivated area of the Nochten opencast mine

农林复垦区的管理、保护和娱乐用途尤其需要开辟农林道路。道路有以下任务：

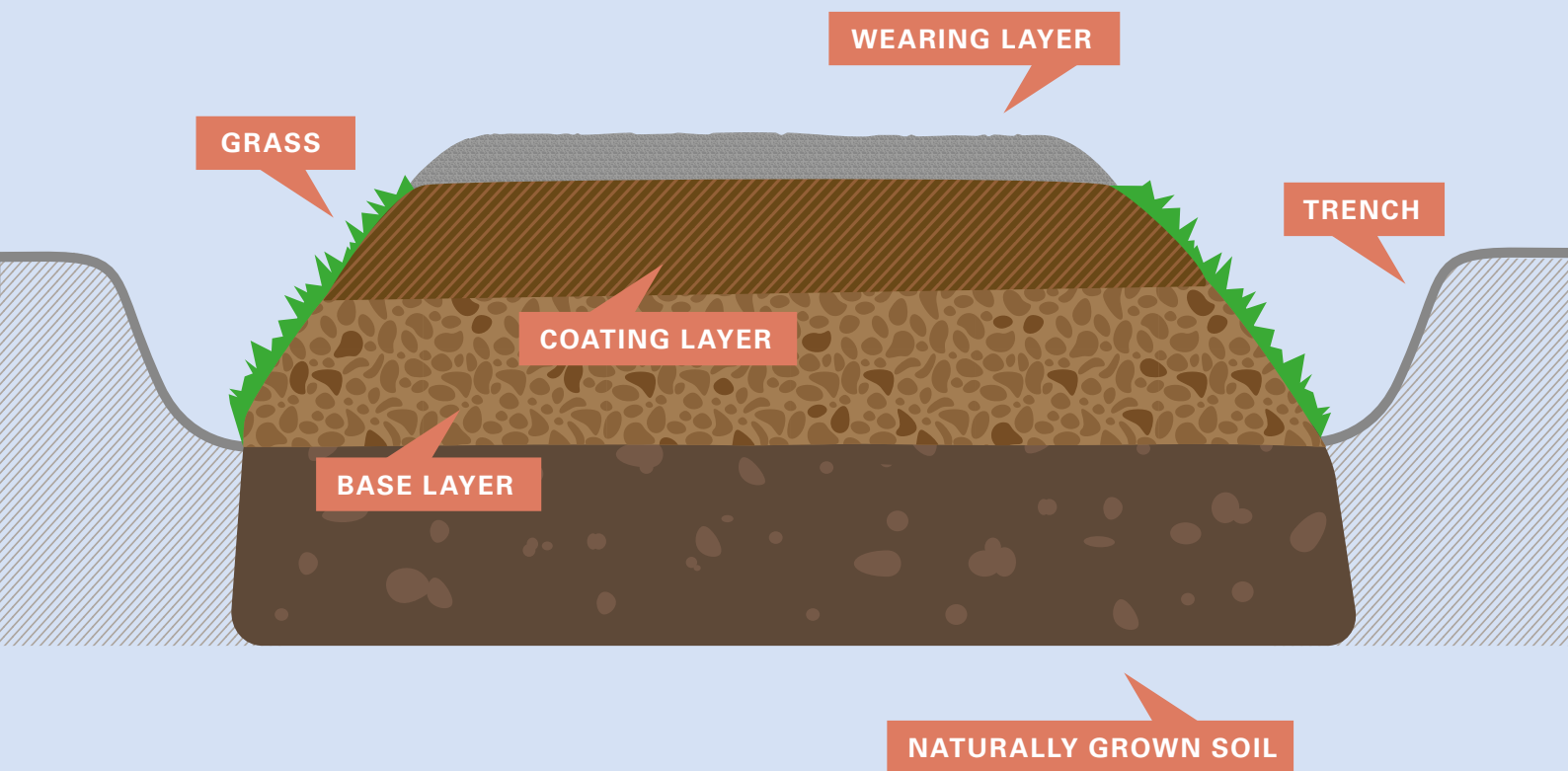
- 经济地实现经营管理的交通和运输需求，
- 区域划分，
- 连接产品仓库和物料仓库，
- 引导非机动性娱乐交通工具，
- 森林保护，尤其是快速有效的森林灭火，以及
- 实施救援。

初步的开发是将卡车行驶的主要道路连通现有的街道网络。随着复垦工作的开展，现有的道路网络进一步扩张。原则是以尽可能短的路径实现较高的覆盖程度。对于大多数平坦或坡度较缓的地面，每公顷 15 米的道路密度就足够了。考虑各自的管理形式和景观条件后，筑路工程尽可能同步进行。这样能够确保最佳的区域覆盖效果。可以将有特色的地形点或采矿场景（例如以前的定居区）整合到路线中。道路宽度通常为 3.0 或 3.5 米，错车点应确保充足的距离。加上两侧的应急道，总宽度为 4.5 至 5.5 米。针对易积湿的强粘性土壤基质，必须使用薄膜、纤维垫或

黏接材料进行地基固结处理。顶部结构由承重层、覆盖层和耐磨层组成。标准结构是最适合坡面的结构形式，承重层由粗卵石、砂砾和采石砂混合而成。

通过坡度 5 % 的路拱和两侧的梯形排水沟、槽形排水沟或 U 形排水沟实现路面的横向排水。排水沟大约每 50 米中断一次，以排出积水。这种结构针对低流量交通设计。最适合用作具有生态兼容性的多功能道路。在正常负载情况下，行车道之外的道路仅需一到两年维护一次。

ROAD CONSTRUCTIONS





矿山景观的 开发潜力

Industrial tailing pond Bielatal, Altenberg 2016

生态复原地

在各州的重建计划中，除了传统的农业经济和林业经济，“生态复原地”作为自然保护区，被定义为单独的用地类型。这为重建定下了决定性的基调。

由于大型露天矿的大范围土地需求和相关的基础设施变化，受褐煤开采影响的区域通常面积较大、完整且受干扰程度低。

大多营养匮乏的矿坡基质与露天矿坑形成鲜明对比，露天矿坑的特征是景观碎片化，大面积富营养化。这种情况适用于德国和中欧的大部分地区。在年轻的坡地生态系统中，地下水水位下降和/或部分第三纪基质极低的 PH 值尤其会对物种组合造成选择性的影响。由于这些独立的位置因素，坡地和废石堆应定植早期低竞争压力的生态系统，主要播种先锋类植物。

在这里，机会和所谓的“早鸟效应”是重要的定植因素。由于坡地基质的异质性，以及运营技术决定的大型、小型采矿重建结构，例如废石拱、废石堆、地形槽和侵蚀性沟壑，采矿区多变的景观元素具有巨大的开发潜力，呈现丰富的生物多样性、突出的个性和不同寻常的美丽。年轻的生态系统在发展过程中受到剧烈的动态变化的影响，地貌形成过程中的区域较长时间内都会受到这种影响。



Grasses in nature reserve Grünhaus



Wall of deadwood in the recultivated area
of the Nochten opencast mine

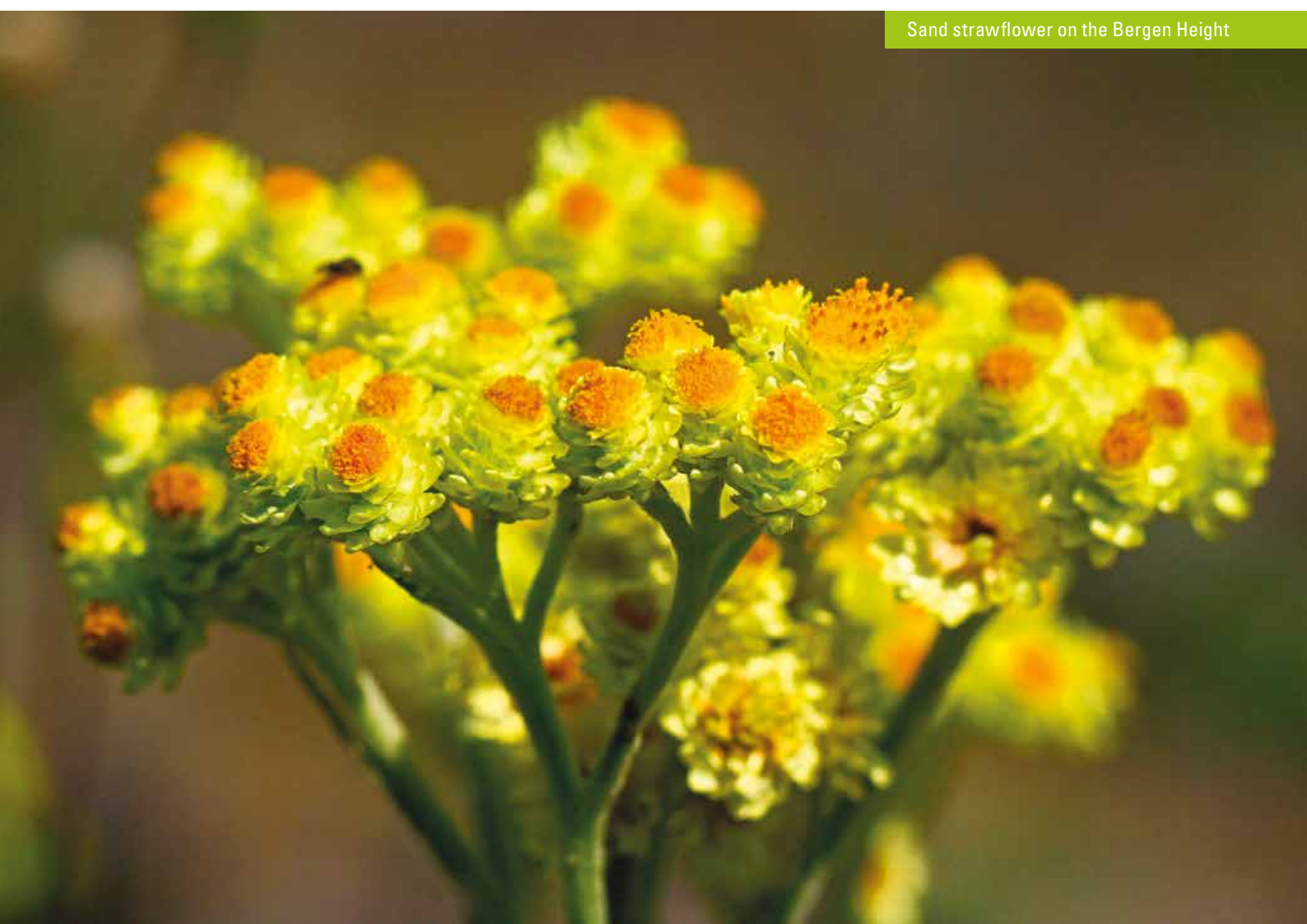
宝贵的群落生境

大多营养匮乏的矿坡基质与露天矿坑形成鲜明对比，露天矿坑的特征是景观碎片化，大面积富营养化。这种情况适用于德国和中欧的大部分地区。在年轻的坡地生态系统中，地下水水位下降和/或部分第三纪基质极低的PH值尤其会对物种组合造成选择性的影响。由于这些独立的位置因素，坡地和废石堆应定植早期低竞争压力的生态系统，主要播种先锋类植物。

在这里，机会和所谓的“早鸟效应”是重要的定植因素。由于坡地基质的异质性，以及运营技术决定的大型、小型采矿重建结构，例如废石拱、废石堆、地形槽和侵蚀性沟壑，采矿区多变的景观元素具有巨大的开发潜力，呈现丰富的生物多样性、突出的个性和不同寻常的美丽。年轻的生态系统在发展过程中受到剧烈的动态变化的影响，地貌形成过程中的区域较长时间内都会受到这种影响。



Sand martin colony



Sand strawflower on the Bergen Height

生物多样性

物种的潜力不仅与狭义上的生存环境（栖息地）的发展有关，还与景观生态学层面的潜力有关。只有新开发的坡地生态系统的“大面积”和“未分割”的特征才能确保许多动物繁殖所需的低干扰环境（例如土壤育种生物和芦苇育种生物）。因此，缺乏养分的泥沼地和沼泽能够为兰科和其他适应泥沼生存环境的物种提供长期的栖息地。由于相邻区域的养分也很贫瘠，具备天然的缓冲

功能，因此可以作为栖息地的外围。这些植物和其他竞争能力弱的植物物种对于日照竞争特别敏感。

由于生物量生产低、光照条件好，种子没有营养组织或营养组织较少的物种的发芽和定植可能性得到改善。此外，它们大多表现出矮生的习性，因此即使成株后，也能在周围通常具有富营养化



Female Yellowhammer in former opencast Zeiðholz

Chicory with a hoverfly



特征的环境中更好的生长。这些物种也具有非常容易散播的繁殖体。露天矿场较大的面积，开阔地形良好的通风性也增加了这些物种到达露天矿区的可能性。LMBV 允许在进行土工评估并与采矿当局达成协议后，实施地貌学工程，例如拆毁和侵蚀工程。这样，又为先锋物种例如沙耳虫和蓝翅蝗虫，创造了新的生土场地。

许多物种在其整个生命周期和生殖周期，需要结构多样的栖息地（狩猎场、繁殖场、越冬场等），这些栖息地在自然演替过程中因基质和地点异质性以及定居过程中的偶然事件而形成。如果这些分散的群落生境由开阔地、灌木丛生地和先驱森林或结构多样、适度断裂的河岸区构成，那么周围人造景观中罕见的众多动物都可以在这里建立稳定的种群。



Water frog in former opencast Seese-West



Italian locust in former opencast Schlabendorf-Süd,
Wanninchen



Succession in former opencast Seese-Ost, 2006

动物的迁入

较早的演替区域是植物的聚集空间，这些植物通过远距离传播和特殊事件逐渐从较远的地方迁入矿区。随后，这些物种可以更快地定居到邻近的年轻区域。互相邻近的具有不同定殖能力的地块促进了演替定殖的进程。不同地质时期的坡地基质或混合基质对此做出了重大贡献。同时，地形的高度多样性还可以促进分散状的植被结构的发展。易于定殖的地点，例如洼地或第四纪基质，起聚集空间和群落生境的作用，以便在边缘地点，例如非常干燥的地点（例如南坡）或强酸性的第三纪基质上进行下

一步的定殖。动物的迁入在很大程度上取决于采矿景观与露天矿场周边区域的群落生境之间的联系。从中期来看，特别是在流动动物种类较少的情况下，露天矿区内通常仅存在周边未开发地区的动物种类。

自然保护区选择、设计和管理

首先，自然保护区应具有尽可能高的原始演替区域份额，并具有多样化的采矿结构。与森林区相反，重建区通常既不施撒石灰也不施肥。终止对山地的监管时，此处可能没有经济利用价值或各州森林法





Red kite in post-mining area

律定义的森林财产。只要没有粉尘排放到周边居民区，就无需进行有利于原始演替进程的绿化。因此，在可能的情况下，自然保护区不会设立在定居点或旅游目的地附近。如果需要进行绿化，则要使用多种羊茅属植物培育树丛，每平方米最多播种 2 至 5 克种子，避免加速甚至篡改演替过程。为此，表层土壤（约 20 厘米深）的 PH 值必须通过少量添加石灰石至少提高到 4.0。

在重建自然保护区的一些大型试验中，我们成功培育了干沙草原、荒地、钙质草原和青草地。这些开阔地群落生境可以通过填充草皮、移植草皮，种植农作物和地膜覆盖播种的方法来建立。为了长期

保留“完整”、“低干扰”和“营养匮乏”的景观生态特征，并最大程度地减少边缘效应，需要有足够大、连贯的自然保护区，面积至少 400 公顷，最好超过 2000 公顷。此外，只有具有不同类型定居点的足够大区域，才能持续为竞争能力弱的物种保留撤退空间。这些大面积的群落生境地块也是许多动物的重要栖息地，这些动物的活动范围较大，并且对栖息地结构有不同的要求（例如猛禽结构分化的觅食栖息地和繁殖栖息地）。此外，在较大保护区中生存的群体普遍降低了意外灭绝的风险。如果保护区面积较小，则有必要开发缓冲区方案，防止养分输入和干扰，还应制定合理的管理方案以保护物种，因为栖息地可能会在连续的演替过程中消失，



因为保护区面积很小，几乎没有其他可以替代的地点。如果这些地区还用于软性旅游，则战略性的引导游客至关重要。

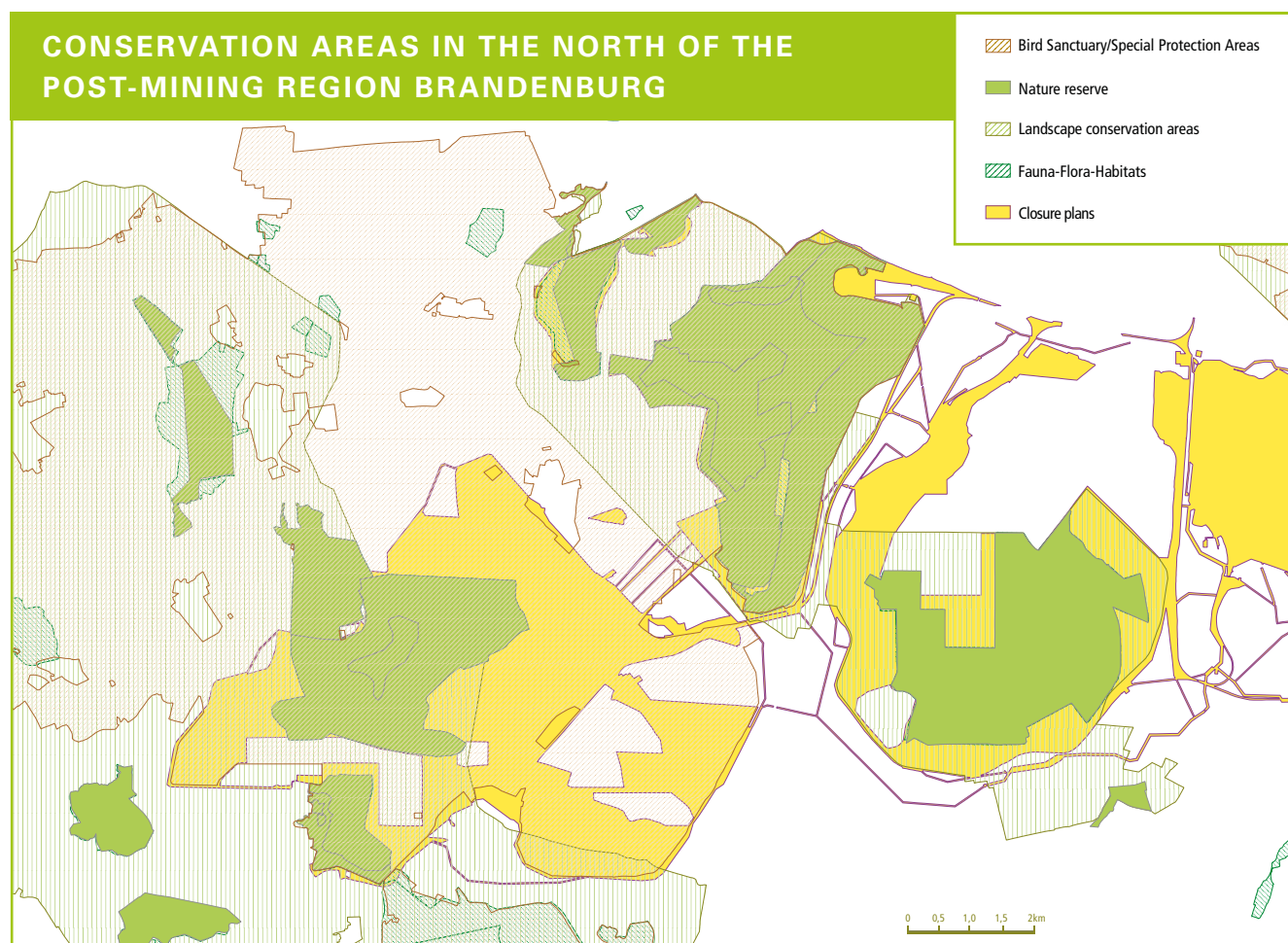
建立保护区系统

LMBV 与自然保护主管部门、协会和科学机构合作，挑选极具自然保护价值的区域作为“自然保护核心区域”。LMBV 拥有的尚未（完全）重建的旧露天矿区是重要的选择对象。通过出售和转让给自然保护专业机构，可以长期确保采矿景观的自然潜

力。陆地核心区域面积达 14,454 公顷（LMBV 调查统计资料，2005）。各联邦州的采矿后地区所占的份额平均达到 15 %。

在自然保护区体验自然

除了具有非生物和生物资源功能外，自然发展的演替景观还具有基本的社会地理意义。因为大面积、未分割的采矿后区域是自然休闲活动重要的景观美学资源。在软旅游的前提下，休闲娱乐活动和区域经济刺激能够发挥更积极的联动效应。





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 Chinese by:

Shi Yun Feng

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)